

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**Resistencia del concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  con sustitución de  
cemento en 15% por ceniza de tuna o nopal**

**Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil**

**Autor**

**Vera Mostacero, Tania Yannina**

**Asesor**

**Castañeda Gamboa, Rogelio**

**Cajamarca - Perú**

**2018**

## INDICE GENERAL

INDICE DE TABLAS.....	ii
INDICE DE GRAFICOS .....	iii
INDICE DE FIGURAS .....	iv
TITULO .....	v
PALABRAS CLAVES .....	vi
RESUMEN .....	vii
ABSTRACT.....	vii
I. INTRODUCCION. ....	1
II. METODOLOGÍA DEL TRABAJO.....	30
III.RESULTADOS .....	41
IV.ANÁLISIS Y DISCUSIÓN.....	51
V.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	52
VI.RECOMENDACIONES .....	53
VII.AGRADECIMIENTOS .....	54
VIII.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
IX.APENDICE Y ANEXOS .....	57

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: valores permisibles del agua	8
Tabla 2: Límites Granulométricos del agregado fino	9
Tabla 3: Características del Nopal	14
Tabla 4: Información nutricional del nopal	14
Tabla 5: Límites de granulometría según Norma ASTM C-33/NTP 400.037	19
Tabla 6: Clasificación de la arena por su módulo de finura	19
Tabla 7: Graduación para el tipo de abrasión a realizar de agregado grueso	22
Tabla 8: Resistencia a la compresión promedio.	23
Tabla 9: Asentamiento por el tipo de Consistencia del Concreto.	23
Tabla 10: Cantidades aproximadas de agua para diferentes slump	23
Tabla 11: Relación agua / cemento	24
Tabla 12: Volumen de agregado grueso	24
Tabla 13: Variable dependiente	34
Tabla 14: Variable independiente	35
Tabla 15: Tiempo y cantidad de muestras a investigar	36
Tabla 16: Características Físicas de los agregados gruesos, finos y con la sustitución de 15% de ceniza de tuna o nopal	48
Tabla17: composición química del cemento portland tipo I	50
Tabla 18: Composición química de las cenizas de tuna o nopal – rayos X	51
Tabla 19: Dosificación para la mezcla de diseño patrón de concreto	52
Tabla 20: Datos de resistencia patrón	52
Tabla 21: Dosificación para la mezcla de diseño experimental de concreto	53
Tabla 22: datos de resistencia a la compresión concreto experimental	55
Tabla 23: comparación de resistencias concreto patrón y experimental	57

Tabla 24: Resistencias a la compresión de las probetas de concreto con una sustitución del cemento por un porcentaje 15% de ceniza de tuna o nopal, según días de curado. 58

Tabla 25: Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de las resistencias a la compresión de las probetas. 59

## INDICE DE GRAFICOS

Grafica 1: Resistencia a la compresión de probetas patrón, 7 días	50
Grafica 2: Resistencia a la compresión de probetas patrón, 14 días	50
Grafica 3: Resistencia a la compresión de probetas patrón, 28 días	50
Grafica 4: Resistencia a la compresión en 7,14 y 28 días	51
Grafica 5: resistencia promedio a la compresión concreto experimental 7 días	52
Grafica 6: resistencia promedio a la compresión concreto experimental 14 días	53
Grafica 7: resistencia promedio a la compresión concreto experimental 28 días	53
Grafica 8: resistencia promedio a la compresión concreto experimental 7, 14 y 28 días	54
Grafica 9: comparación de resistencia a la compresión concreto patrón y experimental	54

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Plantas de tuna o nopal	12
Figura 2: Figura 2: Procedimiento para medir el asentamiento	23
Figura 3: Fractura tipo I	27
Figura 4: Fractura tipo II	27
Figura 5: Fractura tipo III	28
Figura 6 Fractura tipo IV	28
Figura 7: Fractura tipo V	29
Figura 8: Fractura tipo VI	29
Figura 9: Esquema de diseño de investigación	35
Figura 10 composición química del cemento portland tipo I	47
Figura 11: Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X	48
Figura 12: Resistencia Vs. Tiempo probetas patrón	49
Foto 1: Ubicación de la materia prima Shudal a 6.2 km de Cajamarca	95
Foto 2: señalización de la producción de tuna o nopal	95
Foto 3: Materia prima	96
Foto 4: Abundantes plantas de tuna o nopal	96
Foto 5: Seleccionando la planta de tuna o nopal	97
Foto 6: ceniza de tuna o nopal	97
Foto 7: Ubicación de la Cantera “RUBEN” – Coishco – Chimbote donde se adquirio los agregados.	98
Foto 8: Adquiriendo el agregado grueso	98
Foto 9: Cuarteando el agregado grueso	99
Foto 10: Adquiriendo el agregado fino	99

Foto 11: Cuarteando el agregado fino	100
Foto 12: Ensayo granulometrico del agregado fino	100
Foto 13 : Contenido de humedad agregado fino	101
Foto 14: gravedad específica y absorción agregado fino	101
Foto 15: peso unitario suelto agregado fino	102
Foto 16: peso unitario suelto agregado fino	103
Foto 17: contenido de humedad agregado grueso	103
Foto 18: gravedad especifica y absorcion agregado grueso	104
Foto 19: gravedad especifica y absorcion agregado grueso	104
Foto 20: peso unitario suelto agregado grueso	105
Foto 21: peso unitario compactado agregado grueso	105
Foto 22: Peso de los materiales a usar en la mezcla de concreto	106
Foto 23: elaboración mezcla diseño patrón	106
Foto 24: Midiendo el Slump o asentamiento diseño patrón	107
Foto 25: elaboración de probetas	107
Foto 26: realizando ensayo de resistencia a la compresión	108
Foto 27: Peso de los materiales a usar en la mezcla de concreto experimental	109
Foto 28: elaboración de la mezcla de concreto con viruta metálica	109
Foto 29: Midiendo el Slump o asentamiento del concreto experimental	110
Foto 30: elaboración de probetas experimental	110
Foto 31: desencofrado de probetas a las 24 horas para ser sumergidas en la poza de curado.	111
Foto 33: curado de probetas en la poza de curado para luego ser ensayadas a compresión a los 7, 14 y 28 días.	111
Foto 33: pesos de probetas	112
Foto 34: realizando ensayo de resistencia a la compresión	112

## **TITULO**

**RESISTENCIA DEL CONCRETO  $F'C=210 \text{ KG/CM}^2$  CON  
SUSTITUCIÓN DE CEMENTO EN 15% POR CENIZA DE  
TUNA O NOPAL**



## **PALABRAS CLAVES**

---

**Tema** DISEÑO DE CONCRETO

**Especialidad** TECNOLOGÍA DEL CONCRETO.

---

## **KEY WORDS:**

---

**Topic** CONCRETE DESIGN

**Specialization** MATERIALS TECHNOLOGY.

---

## **LINEA DE INVESTIGACIÓN:**

LINEA	OCDE
AREA	Ingeniería y tecnología
SUB ÁREA	Ingeniería civil
	Ingeniería de la construcción

## RESUMEN

En esta investigación se ha determinado la influencia en la resistencia a compresión del concreto  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  usando agregados de la cantera de “Rubén” con la sustitución de cemento en 15% por ceniza de tuna o nopal.

La metodología experimental de la investigación consistió preparar mezclas de concreto para una resistencia a la compresión de  $210 \text{ kg/cm}^2$ , tomando 9 muestras de probetas patrón y otras 9 sustituyendo el 15% de ceniza de tuna o nopal, el cual ha reemplazado en peso respecto del cemento, para posteriormente evaluarlas en su resistencia a la compresión al concreto pasado los 7, 14 y 28 días.

Los resultados obtenidos al incorporar el 15% de ceniza de tuna o nopal al diseño experimental, no llegaron a superar a las probetas hechas con el diseño patrón, estas resistencias no llegaron a superar las cuales fueron inferiores en un orden de 17.14%, 26.07% y 32.49% por debajo con respecto al patrón a los 7, 14 y 28 días de curado respectivamente.

Los resultados obtenidos nos indican que los concretos incorporados con ceniza de tuna o nopal presentan una resistencia inferior a las del concreto convencional ensayadas a los 7, 14 y 28 días.

## ABSTRACT

In this research, the influence on the compressive strength of concrete  $f'_c = 210 \text{ kg / cm}^2$  was determined using aggregates from the "Rubén" quarry with the substitution of cement in 15% by tuna or cactus ash.

The experimental methodology of the research consisted in preparing concrete mixtures for a compressive strength of  $210 \text{ kg / cm}^2$ , taking 9 samples of standard samples and another 9 substituting 15% of tuna or prickly pear ash, which has replaced in weight respect of the cement, to later evaluate them in their resistance to compression to concrete after 7, 14 and 28 days.

The results obtained when incorporating 15% of tuna or prickly pear ash to the experimental design, did not surpass the samples made with the standard design, these resistances did not surpass which were inferior in an order of 17.14%, 26.07% and 32.49% below with respect to the pattern at 7, 14 and 28 days of curing respectively.

Concluding that the results obtained indicate that the concretes incorporated with tuna or nopal ash have a lower resistance than conventional concrete tested at 7, 14 and 28 days.

## **I. INTRODUCCION.**

De los antecedentes encontrados se ha abordado los trabajos de Contreras, B. (2013). En la investigación titulada “Efecto del mucilago de nopal en la resistencia del cemento CPC-30R”, realizado en México, tuvo como objetivo general determinar el efecto del comportamiento del mucílago de nopal en la resistencia en el cemento CPC-30R a partir de concentraciones del 0.1 y 0.3 %. Concluyó que en muchas regiones de México se tiene una gran variedad de especies de nopal disponibles y siendo este su costo barato, puede ser viable incorporarse a la industria de la construcción como aditivo al cemento. En cuanto a los resultados obtenidos observó que la gran efectividad del nopal al aumentar la resistencia del cemento con las concentraciones 0.1 y 0.3%, comparado con el cemento sin aditivo, por lo cual señaló que es una alternativa para mejorar la resistencia del cemento con un producto que se encuentra de modo accesible y de bajo costo. Al analizar el comportamiento de los especímenes de cemento sin aditivo se observó que no cumple con la resistencia mínima de 20MPa a los 3 días, así mismo con las concentraciones del 0.1 y 0.3% de mucilago de nopal, no se logró alcanzar la resistencia mencionada. Al observar los resultados de todos los especímenes ensayados a los 28 días se pudo notar que tampoco alcanzaron la resistencia mínima de 28, sin embargo lo que sí se apreció es que los especímenes a los que se les agregó el 0.1 y 0.3% del aditivo presentaron mejoría en la resistencia con respecto a los que se elaboraron sin aditivo en el cemento CPC-30R.

A si mismo se revisó la investigación de Durán, H. (2012), En la investigación sobre “Mucilago de nopal como reductor de retracción en concreto auto-consolidable” realizada en la Universidad Autónoma de Nuevo León de México, concluyeron que En general para las edades entre 28 y 91 días, el mucilago de nopal dosificado por cualquiera de los dos modos estudiados, condujo a reducciones marginales en la resistencia a compresión, en un rango de 2 a 9 % con relación a las mezclas de referencia y a la de curado interno convencional con agua. Con relación a las mezclas con aditivo SRA las reducciones fueron de 2 a 8 %. Que el mucilago de nopal no modifico el módulo de elasticidad (E). Que el mucilago de nopal en

solución acuosa para el curado interno resultó más efectivo que el curado interno convencional con agua para mitigar las retracciones autógenas. Tanto el mucilago de nopal como el curado interno convencional con agua no tuvieron efecto en la retracción por secado. Entre todos los concretos estudiados, los concretos que se dosificaron con el aditivo SRA no tuvieron efectos significativos en la resistencia a la compresión y en el módulo de elasticidad, y fueron los que exhibieron las mayores reducciones de retracción autógena y por secado y sin modificar de manera significativa las propiedades mecánicas y elásticas. Desde un punto de vista práctico, los resultados obtenidos muestran que la incorporación de la solución acuosa con mucilago de nopal no demerita las propiedades mecánicas y elásticas, e induce reducciones significativas a la retracción por secado.

En la investigación de Torres, C. (2010). En su tesis sobre “Mejora en la durabilidad de materiales base cemento, utilizando adiciones deshidratadas de dos cactáceas”, estudiaron la resistencia a la compresión del concreto añadido con mucilago de nopal. Concluyó que las mezclas cuyo remplazo fue de nopal mostraron incrementos en propiedades como resistencia a la compresión y resistividad eléctrica. A pesar de que se agregó mayor cantidad de agua y se disminuyó la cantidad de cemento al ser sustituido por estas adiciones, se encontró que sus resistencias mecánicas y eléctricas no disminuyeron; por el contrario, se incrementaron. En el caso de los morteros cuyos porcentajes fueron del 1 y 2% de adición de nopal, los especímenes presentaron aún mayores incrementos en las propiedades mencionadas, por lo que se definieron como materiales de mayor durabilidad.

Que los especímenes con contenido de sábila deshidratada mostraron un decremento en las propiedades del mortero, dando como resultado morteros con baja durabilidad y resistencia. En un inicio se optó por colocar este aditivo para tener otra especie de cactus muy común en México y comparar con el nopal; sin embargo; los efectos producidos fueron lo contrario a los alcanzados con el nopal. Por esto, la sábila no se propone como opción para incrementar la durabilidad de materiales base cemento. Que la adición botánica de nopal en forma deshidratada a morteros base cemento Portland, produce efectos benéficos en sus propiedades. No obstante, el

proceso para la obtención de nopal deshidratado es costoso; por lo que si se desea aplicar de manera industrializada, resultaría poco factible por su elevado costo; de ahí que es necesario continuar los estudios recurriendo al uso de productos de nopal más económicos.

Por otro lado, en la investigación de Martínez, M. (2004). En la investigación titulada “Las adiciones de cactus opuntia blanco y su efecto sobre los morteros de albañilería elaborados con cal”, realizada en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo de México, concluyó que los morteros elaborados con mucílago de cactáceas presentan buen comportamiento mecánico en general, que los morteros con mucílago presentaron cohesión a edades tempranas (24 h) lo que hizo posible el descimbrado, que los morteros de cal adicionados con mucílago de nopal, no fueron los que obtuvieron las resistencias más altas en las sollicitaciones mecánicas, a la fecha son los que se usan con éxito para recubrir los muros de los monumentos; existe reticencia por una parte del gremio de los restauradores para el empleo de aditivos como la leche y el huevo, que no requieren de ninguna preparación previa y cuyo empleo mejora las propiedades mecánicas.

En la investigación de Chandra, E. (1998). Tuvieron como objetivo general estudiar el efecto del uso del extracto de nopal en las propiedades de mortero y concreto ordinario. Utilizó una relación agua/cemento fue de 0.50 constante para todas las mezclas y una solución de mucílago de nopal para reemplazar el 0%, 50% y 100% del agua de mezclado. Los resultados indicaron que la trabajabilidad del mortero mezclado con 50% de solución de mucílago fue mejor que la mezcla de referencia (a/c), pero fue mejor aún en la mezcla que se le adicionó solución de mucílago de nopal al 100%, esto debido al efecto que proporcionan los polisacáridos del nopal que reducen la fricción. Concluyeron que el mucílago de nopal interacciona con los productos de la hidratación del cemento, reduce el tamaño y cantidad de los cristales de hidróxido de calcio, que el mucílago de nopal posee propiedades retardantes, lo cual retrasó el desarrollo de la resistencia a edad temprana, ya que la resistencia a la compresión a los 28 días fue mayor en los especímenes de referencia, después, la resistencia mejoró y a los 90 días los especímenes con solución de nopal

al 100% sobrepasaron notablemente la resistencia alcanzada por los especímenes de referencia. La absorción de agua, disminuyó en los especímenes que tenían 50% de solución de mucílago, pero a mayor proporción de mucilago se redujo más la absorción. Los autores atribuyen esto a la capa que forma el mucílago de nopal y debido a los complejos de calcio formados durante la interacción del mucílago con los iones divalentes de calcio, de la misma forma que pasa en los polímeros sintéticos, se sellan los poros y de ésta manera hace una estructura más compacta.

La justificación científica de la presente investigación se basa actualmente en el nivel de desarrollo de una sociedad se mide dependiendo del avance en el ámbito de la construcción, incluyendo objetivos de seguridad, funcionalidad, estética y economía. Todo lo anterior depende en gran parte de la selección, elaboración y dosificación del concreto.

Como bien se sabe la preparación del concreto exige el uso de agua, cemento y agregados naturales, es así como desde la antigüedad se le adicionó fibras naturales como fique, junco y pasto al adobe o barro, donde se pretendía mejorar las propiedades mecánicas de los materiales Valencia, P. & Quintana, C. (2016). De esta manera se plantea la inclusión y reutilización de la ceniza de tuna o nopal, con el fin de evaluar su comportamiento, aportando a la tecnología del concreto. En últimas, motivar al reciclaje para la elaboración del concreto, contribuyendo a la disminución de la contaminación ambiental

Esta investigación busca contribuir al mejoramiento de las propiedades del concreto tradicional, así como también al área de ingeniería civil desde el punto de visto constructivo. A la vez que permita beneficiar a la sociedad porque al sustituir el cemento por la ceniza de tuna o nopal, reducirán los costos en la construcción logrando una buena eficiencia en el concreto, y así poder lograr una variación positiva a la resistencia.

La recolección de la ceniza de tuna o nopal, es de bajo económico ya que cada cierto tiempo genera residuos de sus hojas secas al cual quemándolo produce ceniza que puede utilizarse para otros fines

De esta manera se plantea la inclusión y reutilización de la ceniza de tuna o nopal, con el fin de evaluar su comportamiento, aportando a la tecnología del concreto. En últimas, motivar al reciclaje para la elaboración del concreto, contribuyendo a la disminución de la contaminación ambiental.

Por medio de los datos que se adquieran mediante los ensayos a realizar en la Universidad San Pedro, serán útiles ampliar los conocimientos adquiridos.

Por lo expuesto nos planteamos el siguiente problema de investigación:

**¿Cuál es la resistencia de un concreto de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  cuando se sustituye el cemento en un 15% por cenizas de tuna o nopal?**

El concreto, presenta un comportamiento viscoso, mientras que la otra, formada por los agregados, muestra un comportamiento casi elástico. Estando los agregados rodeados y separados entre ellos por la pasta de cemento. Resulta así, la definición de un material heterogéneo, cuya estructura particular posibilita un comportamiento inelástico; siendo las deformaciones de la fase viscosa susceptible de ser modificadas por el tiempo y las condiciones de curado, creando tensiones internas considerables. Por otra parte a los problemas de diseño y construcción, característicos de las fábricas de piedra, de índole mecánica según las formas y las masas de los elementos, se unen en las construcciones de concreto multitud de otros factores, que deben ser conocidos y apreciados por el Ingeniero, que interviene directamente en su fabricación desde una primera instancia. Así pues, ha de estudiar el tipo y calidad de los áridos, los problemas de fraguado y endurecimiento del aglomerante, la dosificación del conjunto, su fabricación y puesta en obra, su comportamiento bajo la acción de las cargas y de los agentes destructivos Gonzales, M. (1962).

Indica que, una nueva ciencia, de alta calidad experimental, tiende a solucionar éstas cuestiones. Ella es la Reología, que estudia e investiga la estructura física de las pastas, su deformación y relación con las propiedades requeridas en cada tipo de construcción. En el caso del concreto normal conocemos que al ser usado en



pavimentos, tiene principalísima importancia la resistencia a la tracción, al rozamiento e intemperismo y la relación que guardan con el tipo de áridos.

Igualmente, en el caso del concreto en grandes masas, es necesario tener en cuenta la retracción y dilatación debida a las temperaturas de fraguado y la influencia del tipo del cemento, el curado y forma de la puesta en obra. En las obras portuarias de concreto, es preciso considerar la acción de sucesivos choques o impactos así como la acción destructora del agua de mar, incidiendo en la calidad y compacidad del agregado, la hidraulicidad de la pasta Gonzales, M. (1962)

Indica que, en el caso del concreto armado acrecentar la resistencia a la tracción y mejorar la docilidad de las mezclas frescas son los problemas característicos que afrontan el Ingeniero. En general las altas resistencias a la compresión ( $6001000 \text{ Kg/cm}^2$ ) no son objeto de búsqueda en el concreto armado, pues la resistencia a la tracción no crece proporcionalmente con la de compresión. Por otra parte, el aumento consiguiente del módulo elástico trae consigo una reducción de la sección que colabora en la resistencia, al hacer abstracción de la zona solicitada a tracción. La plasticidad produce fenómenos de adaptación que mejoran 13,9 condiciones de trabajo de los elementos, que serían utilizados en forma incompleta en un régimen puramente elástico Gonzales, M. (1962).

El concreto con Cemento Portland es uno de los más usados en la construcción ya que permite su utilización en todo tipo de formas estructurales, adaptándose a diversos climas y su variación, las principales limitaciones que se tiene están dadas por las personas que lo utilizan mas no por los materiales que lo conforman Vásquez, V. (2015).

## **CONCRETO**

El concreto es un material heterogéneo, el cual está compuesto principalmente de la combinación de cemento, agua, agregado fino y agregado grueso. El concreto contiene un pequeño volumen de aire atrapado, y puede contener también aire intencionalmente incorporado mediante el empleo de un aditivo (RNE, 2006)

## **EL CEMENTO**

Material pulverizado que por incorporación de una cantidad conveniente de agua forma una pasta aglomerante capaz de endurecer, tanto bajo del agua como en el aire. Quedan excluidas las cales hidráulicas las cales aéreas y los yesos (RNE, 2006).

### **TIPOS DE CEMENTO PORTLAND**

A medida que varían los contenidos de C<sub>2</sub>S, C<sub>3</sub>S, C<sub>3</sub>A, CAF se modifican las propiedades del cemento Portland, por lo tanto, se pueden fabricar diferentes tipos con el fin de satisfacer ciertas propiedades físicas y químicas para situaciones especiales (Rivera, E. 2010).

#### **CEMENTO PORTLAND TIPO 1**

Es el destinado a obras de hormigón en general, al que no se le exigen propiedades especiales.

#### **CEMENTO PORTLAND CON INCORPORADORES DE AIRE**

Son aquellos a los que se les adiciona un material incorporado de aire durante la pulverización; para identificarlos se les coloca una "A" así por ejemplo cemento Portland tipo 1-A o tipo 3-A, etc.

#### **CEMENTO PORTLAND BLANCO**

Es el que se obtiene con materiales debidamente seleccionados que le confieren una coloración blanca; prácticamente cumple las especificaciones del cemento Portland tipo 1 (NTC 1362)

#### **AGUA**

El agua deberá cumplir con la NTP 339.088. Será lo suficientemente limpia y libre de álcalis y todo lo que pueda ser dañino al concreto y al acero. No contendrá concentraciones mayores de 500 ppm de ion cloro, ni de 1 000 ppm de ion sulfato (NTP, 2002).

El agua que se empleará para preparación de la mezcla de concreto y así mismo para realizar el curado. Deberá cumplir con los análisis de laboratorio cumpliendo con parámetros establecidos.

A continuación, se muestra los valores máximos permisibles para el uso del agua.

Tabla 1: valores permisibles del agua

Descripción	Máximos	Partes por Millón
<b>Cloruros</b>	300	Ppm
<b>Sulfatos</b>	300	Ppm
<b>Sales de magnesio</b>	150	Ppm
<b>Sales solubles totales</b>	1500	Ppm
<b>PH</b>	Mayor de	7
<b>Sólidos en suspensión</b>	1500	Ppm
<b>Materia orgánica</b>	10	Ppm

Fuente Riva, 2007.

## AGREGADOS

Son todos aquellos que provienen de la explotación de fuentes naturales tales como depósitos de arrastres fluviales (arenas y gravas de río) o de glaciares (cantos rodados) y de canteras de diversas rocas y piedras naturales. Se puede aprovechar en su granulometría natural o triturándolos mecánicamente, según sea el caso, de acuerdo con las especificaciones requeridas Guzmán, M. (2001).

### AGREGADO FINO

Se define como agregado fino a aquel, proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas que pasa al tamiz 9.5 mm (3/8”) y que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037 (Riva, 2007).

El agregado fino deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales, u otras sustancias dañinas (Riva, 2007)

Es recomendable que la granulometría se encuentre dentro de los siguientes límites

Tabla 2: Límites Granulométricos del agregado fino

<b>Malla</b>	<b>% Que Pasa</b>
<b>3/8"</b>	100
<b>N° 4</b>	95 – 100
<b>N° 8</b>	80 – 100
<b>N° 16</b>	50 – 85
<b>N° 30</b>	25 – 60
<b>N° 50</b>	10 – 30
<b>N° 100</b>	2 – 10

Fuente Riva, 2007.

## **AGREGADO GRUESO**

Se define como agregado grueso al material retenido en el tamiz 4.75 mm (N° 4) y que cumple con los límites establecidos en la norma NTP 400.037. (Rivva, 2007). El agregado grueso podrá consistir de grava natural o triturada, piedra partida, o agregados metálicos naturales o artificiales. El agregado grueso empleado en la preparación de concretos livianos podrá ser natural o artificial. (Rivva, 2007).

El agregado grueso deberá estar conformado por partículas limpias, de perfil preferentemente angular o semiangular, duras, compactas, resistentes, y de textura preferentemente rugosa. (Rivva, 2007)

## **CLASIFICACIÓN DE LOS AGREGADOS**

En general los agregados se han clasificado de varias maneras a través del tiempo, pero principalmente desde los puntos de vista de su procedencia, densidad, tamaño, forma y textura.

### **AGREGADOS NATURALES**

Son aquellos procedentes de la explotación de fuentes naturales tales como: depósitos de arrastres fluviales (arenas y gravas de río) o glaciares (cantos rodados) y de canteras de diversas rocas y piedras naturales. Pueden usarse tal como se hallen o variando la distribución de tamaños de sus partículas, si ello se requiere. Todas las partículas que provienen de los agregados tienen su origen en una masa mayor, la que se ha fragmentado por procesos naturales como intemperismo y abrasión, o

mediante trituración mecánica realizada por el hombre, por lo que gran parte de sus características vienen dadas por la roca madre que le dio su origen.

De acuerdo a la geología histórica; estos se transforman por fenómenos internos de la tierra, al solidificarse y enfriarse el magma (masa de materias en fusión), se forman las rocas originales o ígneas y posteriormente, por fenómenos geológicos externos, tales como la meteorización, con el tiempo se forman las rocas sedimentarias, al sufrir la acción de procesos de presión y temperatura forman el tercer grupo de las denominadas rocas metamórficas, esto se conoce como el ciclo geológico que está en permanente actividad.

## **AGREGADOS ARTIFICIALES**

Por lo general, los agregados artificiales se obtienen a partir de productos y procesos industriales tales como: arcillas expandidas, escorias de alto horno, Clinker, limaduras de hierro y otros, comúnmente estos son de mayor o menor densidad que los agregados corrientes. Actualmente se están utilizando concretos ligeros o ultraligeros, formados con algunos tipos de áridos los cuales deben presentar ciertas propiedades como son: forma de los granos compacta, redondeada con la superficie bien cerrada, ninguna reacción perjudicial con la pasta de cemento ni con el refuerzo, invariabilidad de volumen, suficiente resistencia a los fenómenos climatológicos; además deben de tener una densidad lo menor posible, con una rigidez y una resistencia propia suficientemente elevada y ser de calidad permanente y uniforme.

Los agregados ligeros más utilizados son los producidos con arcilla y pizarra expandida (incluyendo la arcilla pizarrosa y la pizarra arcillosa). Es de anotar que se han desarrollado con bastante éxito agregados ligeros en Alemania (con arcilla y pizarra), y España (con arcilla expandida conocida comercialmente como ARLITA).

## **CONCRETO RECIÉN MEZCLADO**

La selección de las proporciones de los materiales integrantes de la unidad cúbica de concreto, conocida usualmente como diseño de mezcla, es el proceso de selección de los ingredientes más adecuados y de la combinación más conveniente y económica de los mismos, con la finalidad de obtener un producto que en el estado no endurecido tenga la trabajabilidad y consistencia adecuadas; y que endurecido

cumpla con los requisitos establecidos por el diseñador o indicados en los planos y las especificaciones de obra Vásquez, V. ( 2016).

### **MEZCLADO**

La función del mezclado de concreto es revestir la superficie de los agregados con la pasta de cemento, la cual dará como resultado una masa homogénea. La secuencia de carga de los materiales en la mezcladora representa un papel importante en la uniformidad del producto terminado Riva, E. (2007).

### **TRABAJABILIDAD**

Es el trabajo interno utilizado en vencer la fricción interna o componentes del concreto para conseguir una compactación adecuada, es decir, la capacidad que tiene el concreto para ser colocado y compactado apropiadamente sin producir deficiencias de sus propiedades en estado fresco. “La manejabilidad está representada por el grado de compacidad, cohesividad, plasticidad y consistencia” Reyes, J. & Gutiérrez, M. (2010).

### **SANGRADO**

Sangrado o exudación es el desarrollo de una camada de agua en el tope o en la superficie del concreto recién colocado. Es causada por la sedimentación (asentamiento) de las partículas sólidas (cemento y agregados) y simultáneamente la subida del agua hacia la superficie (Jara, 2016).

### **HIDRATACIÓN Y CURADO DEL CONCRETO**

Se define como hidratación al proceso de reacción química del cemento en presencia de agua. La hidratación requiere de presencia de humedad condiciones de curado favorables, y tiempo.

Se define como tiempo de curado al periodo durante el cual el concreto es mantenido en condiciones de humedad y temperatura tales como para lograr la hidratación del cemento en la magnitud que se desea para alcanzar la resistencia alcanzada Rivva, E. (2007).

### **CURADO**

El aumento de la resistencia con la edad continúa desde que el cemento no hidratado aún esté presente, el concreto permanezca húmedo o la humedad relativa

del aire esté arriba de aproximadamente 80% la temperatura del concreto permanezca favorable y haya suficiente espacio para la formación de los productos de hidratación. Cuando la humedad relativa dentro del concreto baja cerca de 80% o la temperatura del concreto baja a menos del cero, la hidratación y el incremento de resistencia se interrumpen Jara, F. (2016)

**Curado Inicial,** Inmediatamente después de moldeados y acabados, los especímenes deben ser almacenados por un periodo de hasta 48 horas en un rango de temperaturas entre 16 a 27 grados Centígrados, en un ambiente que prevenga la pérdida de humedad de los especímenes.

**Curado Final,** Luego de completar el curado inicial y dentro de los 30 minutos después de remover los moldes, los especímenes se deben curar manteniendo agua libre sobre sus superficies permanentemente, a una temperatura de 23 +/- 2 grados centígrados (NTP 339.033,

## **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

La resistencia del concreto está definida en la máxima carga que puede soportar, mediante un efecto de compresión, la resistencia a la compresión es calculada dividiendo la carga máxima por el área transversal original de la probeta que será ensayada.

La resistencia a la compresión, es considerada como una de las más importantes propiedades del concreto endurecido, siendo la que generalmente se emplea para la aceptación o rechazo del mismo. Pero el ingeniero diseñador de la mezcla debe recordar que otras propiedades, tales como la durabilidad, permeabilidad, o resistencia al desgaste, pueden ser tanto o más importantes que la resistencia, dependiendo de las características y ubicación de la obra Vásquez, V. (2016).

## **DURABILIDAD**

La habilidad del concreto para resistir la acción del intemperismo, ataques químicos, abrasión, o cualquier otro tipo de deterioro”. Algunos investigadores prefieren decir que “es aquella propiedad del concreto endurecido que define la capacidad de éste para resistir la acción del medio ambiente que lo rodea ACI. (2007).

## **CONCRETO CON CENIZA DE TUNA O NOPAL**

### **GENERALIDADES**

Existen diversas investigaciones sobre la mejora de las propiedades mecánicas del concreto mediante de la adición o reemplazo de algún elemento o material con mejores características físicas y mecánicas

La cantidad de ceniza de tuna o nopal es adicionar al concreto será del 15% del peso respecto al cemento de la mezcla.

### **TUNA O NOPAL**

El nopal (*Opuntia Ficus Indica*) es una planta xerófita característica de las regiones subtropicales de clima seco, estas plantas tienen la capacidad de resistir temporadas prolongadas de sequía debido a la presencia de mucílagos que al formar redes moleculares tridimensionales capaces de retener grandes cantidades de agua Cárdenas, A. (1998). Por debajo de la cutícula que cubre una penca u hoja de nopal, se encuentra una sustancia en forma de pulpa (gel), la cual está conformada de células que contienen mono o di –sacáridos, los cuales interactúan y producen polisacáridos Chandra,E. (1998).



Figura 1: Plantas de tuna o nopal

Fuente elaboración propia

Por otro lado, Rodríguez, Y. (2007), estudiaron el nopal *Opuntia Ficus Indica* deshidratado para conocer sus propiedades fisicoquímicas, para ello evaluaron cuatro



proporciones de nopal de 60, 100, 150 y 200 gr., obteniendo como resultado las siguientes características

Tabla 3: Características del Nopal

<b>Características</b>	<b>Nopal 60</b>	<b>Nopal 100</b>	<b>Nopal 150</b>	<b>Nopal 200</b>
<b>Humedad</b>	4.06±0.02	5.02±0.14	6.21±0.16	7.31±0.03
<b>Proteína</b>	14.22±1.23	13.10±1.11	12.87±1.10	11.39±1.24
<b>Grasa</b>	3.00±0.03	2.87±0.03	2.53±0.02	1.96±0.02
<b>Fibra soluble</b>	25.22±1.26	18.21±1.11	15.87±1.12	14.91±1.09
<b>Fibra insoluble</b>	29.87±1.35	33.21±1.24	37.15±1.23	41.65±1.32
<b>Ceniza</b>	18.41±1.64	19.61±1.34	22.40±1.23	23.24±1.17
<b>calcio</b>	1.35±0.04	1.76±0.05	2.71±0.06	3.30±0.08
<b>Fosforo</b>	0.38±0.01	0.34±0.01	0.33±0.01	0.29±0.01
<b>Sodio</b>	0.21±0.004	0.17±0.004	.12±0.003	0.12±0.003
<b>Oxalato de calcio</b>	7.95±0.82	3.47±0.37	5.73±0.64	3.94±0.26
<b>Potasio</b>	5.52±0.14	6.84±0.15	6.46±0.14	6.02±0.13
<b>Relación Ca/P</b>	3.6	6.39	8.24	11.33
<b>Ph nopal fresco</b>	4.41±0.30	4.14±0.15	4.35±0.26	4.28±0.50
<b>Ph nopal deshi.</b>	4.26±0.14	4.07±0.30	4.31±0.35	4.35±0.20

Fuente: Medina et al (2000)

Tabla 4: Información nutricional del nopal

<b>Concepto</b>	<b>Contenido</b>
<b>Porción comestible</b>	78.00
<b>Energía (Kcal)</b>	27.00
<b>Proteína (g)</b>	1.70
<b>Grasas (g)</b>	0.30
<b>Carbohidratos (g)</b>	5.60
<b>Calcio (mg)</b>	93.00
<b>Hierro (mg)</b>	1.60
<b>Tiamina (mg)</b>	0.03
<b>Riboflavina (mg)</b>	0.06
<b>Niacina (mg)</b>	0.03
<b>Ascórbico (mg)</b>	8.00

Fuente: Mad Industrias (1999)

## **CARACTERÍSTICAS**

Cumple con las normas ASTM, tipo II.

Incrementa la resistencia a la flexión, ductilidad y tenacidad del cemento, produciendo un aumento de la capacidad portante.

Es compatible con todo tipo de cemento y mezclas de hormigón.

Es compatible con todos los compuestos de curado, súper plastificantes, reductores de agua medios o altos, endurecedores y selladores.

Debido a las características isotrópicas y a la repartición uniforme de fibras en toda la estructura, es ideal para cargas sin punto de aplicación definida.

## **USOS Y PROPIEDADES**

El uso del nopal en México se inició con las antiguas civilizaciones mesoamericanas a través de la recolección de tallos, frutos y flores de *Opuntia*, los cuales fueron utilizados por diversas tribus del norte, centro y sur de México, como uno de los alimentos básicos de su dieta.

Asimismo, numerosas tribus errantes concurrían durante la época de fructificación a lugares donde abundaban poblaciones de nopal y algunas estas tribus terminaban por formar ahí sus pueblos.

La modalidad de explotación de las nopaleras silvestres a través de la recolección aún subsiste y es llevada a cabo por los habitantes de las zonas semiáridas de los estados de Guanajuato, Jalisco, Zacatecas, San Luis Potosí, Aguascalientes y Durango.

Entre los países que están desarrollando el cultivo de tuna destacan: México, Chile, Argentina, Bolivia, Perú, Colombia, Estados Unidos, Sudáfrica, Marruecos, Argelia, Túnez, Egipto, Jordania, Pakistán, Israel, Grecia, Italia, España y Portugal. Para el comercio internacional producen: México, Italia, Sudáfrica, Chile, Israel y Estados Unidos.

Con aproximadamente 75,000 ha cultivos, cuatro países suman el 97.3% de la producción mundial de tuna: México (79.4%); Italia (12.2%), Sudáfrica (3.7%) y Chile (2%). México cuenta con la mayor productor del planeta, con 72.500 ha dedicadas a las tunas y 10.500 de los nopalitos.

A nivel mundial, México es el principal productor de tuna, con alrededor de 20 mil productores, una superficie aproximada de 72,500 ha, ubicadas principalmente en tres regiones: Puebla, Valle de México y el Altiplano Potosino- Zacatecano; de ello 10,500 ha se destina para la producción de nopalitos. El rendimiento promedio de los tunales mexicanos es de 7 TM/ha de tuna fruta (5 a 20 TM/ha son los extremos) 39.

Según cifras del Sistema de Información Comercial Mexicano de la Secretaría de Economía, entre 1998 a 2001, México exportó 3.374 TM de tuna, principalmente hacia EEUU (39.5%), Bélgica (26.9%), España (8.6%), Alemania (7.8%) y Holanda (5.3%). Según Bravo-Hollis, 1978.

### **A nivel nacional**

Se estimaba una producción de tuna fruta de 64,594 TM a nivel nacional, producidas a partir de 12,030 ha de tunales 34.

En general, en los departamentos productores se cosecha la tuna fruta entre noviembre y marzo; sólo en Lima y en Ayacucho (Huanta), aunque en menor proporción; existe producto todo el año gracias al riego y al manejo de los tunales por parte de los agricultores de estas zonas.

Ayacucho vende al mercado limeño principalmente tuna amarilla (39.4%); Lima, tuna morada y blanca (59.95%); Ica, desde hace dos años, tuna amarilla (0.65%). Fuente: Britton ,R.(1963) citados por Bravo,H.( 1978).

### **A nivel local**

La tuna o nopal es una planta natural de la región de Cajamarca, así como a nivel nacional e internacional. Esta producción cada cierto tiempo genera residuos de sus hojas secas al cual quemándolo produce ceniza que puede utilizarse para otros fines.

## **COMPOSICIÓN QUÍMICA**

Cuando se va a utilizar algún producto de origen animal o vegetal, ya sea directamente en la alimentación humana, en la de los animales útiles, o bien con usos industriales, es conveniente saber su composición química. A continuación se presentan dos cuadros ilustrativos de la composición química del fruto del nopal para evaluar la cantidad de elementos de interés presentes.

En el fruto, el componente de mayor proporción es el agua (85-90%) el resto está constituido por compuestos diverso

## **LA TUNA O NOPAL EN EL CONCRETO**

Las investigaciones sugieren que la tuna mejora las características físicas de las pastas de cemento

En pastas de cemento, disminuye la permeabilidad y aumenta la resistencia a la compresión. Se ha encontrado que adiciones de nopal y sábila deshidratada en concentraciones pequeñas pueden funcionar como acelerantes de fraguado de pastas de cemento y que disminuyen la trabajabilidad de morteros base cemento (disminuye su fluidez). Para que la fluidez de los morteros con adiciones sea igual a los morteros sin las adiciones se tendría que aumentar la cantidad de agua en la mezcla. Esto podría aumentar la porosidad de los morteros y, en consecuencia, disminuir su resistencia a la compresión (Chandra, klund, & Villarreal, 1998; Hernández,S. & Serrano, G. (2003).

El uso del extracto de nopal para mejorar la resistencia a la segregación en concretos base cemento Portland El concreto autoconsolidable (CAC) fue desarrollado en Japón en los años 8011 y se caracteriza por su alta deformabilidad y resistencia a la segregación, así como porque no requiere vibración para consolidarse en zonas congestionadas de refuerzo. Para diseñar este concreto existen tres métodos: el primero consiste en utilizar un alto contenido de finos, el segundo requiere del uso de agentes modificadores de viscosidad para poder reducir la cantidad de finos, y el tercero es una combinación de ambos. Los agentes modificadores de viscosidad (AMV) son polímeros solubles en agua usados para incrementar la viscosidad de la pasta y mejorar la estabilidad del concreto autoconsolidable (Hernández, S & Gutiérrez, M. (2003).

## **USO DEL NOPAL EN LA CONSTRUCCIÓN**

Los usos tradicionales que tiene el nopal y sus derivados, además del valor que tiene como alimento en forma directa, se suma su aplicación en rubros tan ajenos a los anteriores, como el de la construcción por sus propiedades aglutinantes en adobes y pinturas, o anticorrosivos, como infiltradores de suelo entre otros.

El mucílago de nopal en combinación con cal aumenta sus propiedades adhesivas y mejora su repelencia al agua. Tradicionalmente, se ha empleado de modo similar al yeso en paredes de adobe y de ladrillo; y también como una barrera al agua en el estuco. A partir del jugo de nopal, se puede fabricar pintura que actúa como impermeabilizante, el cual puede ser aplicado a cualquier construcción para protegerla. En caso de aplicarse a una vivienda, este impermeabilizante hecho a base de nopal, protege la construcción del frío, la humedad del ambiente, del agua y de los insectos Cárdenas, A. (1998).

### **OBTENCIÓN DE LA CENIZA DE TUNA O NOPAL Y AGREGADOS**

La ceniza de tuna o nopal es extraída de dicha planta ya que cada cierto tiempo esta genera hojas secas las cuales utilizaremos para obtener dicha materia.

La materia prima (tuna o nopal) será adquirida del distrito de shudal Cajamarca para luego ser transformada en ceniza. Los agregados se obtendrán de la Cantera Ruben, Chimbote para posteriormente encontrar las características físicas mecánica de los agregados.

### **CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS SEGÚN LA NORMA ASTM /NTP**

#### **TOMA DE MUESTRAS**

Para la presente investigación la muestra de agregado fino y grueso será obtendrá de la cantera...Chimbote, por lo que se realizará los estudios, para conocer las características de los materiales a ser utilizados.

#### **DESCRIPCIÓN DE LAS NORMAS ASTM C33 Y NPT 400-037.**

En las normas indicadas se muestra los requerimientos de gradación, se indican la calidad de los materiales que deben de estar dentro de lo establecido.

#### **AGREGADO FINO, ASTM C-33 / NTP 400.037**

Se define como agregado fino a aquel, proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas que pasa al tamiz 4 (4.75 milímetros) es decir, un tamiz con cuatro aberturas por pulgadas lineales y que cumple con los límites establecidos (Rivva, 2007).

**GRANULOMETRIA, ASTM C-136 / NTP 400.012** La granulometría es la distribución de partículas de un agregado. El tamaño de las partículas del agregado se

determina por tamices con aberturas normadasEl agregado fino tendrá que estar graduado y dentro de los límites permitidos.

Tabla 5: Límites de granulometría según Norma ASTM C-33/NTP 400.037

<b>Tamiz</b>	<b>Porcentaje que Pasa</b>
<b>¾" (9,5 mm)</b>	100%
<b>No. 4 (4,75 mm)</b>	95 a 100%
<b>No. 8 (2,36 mm)</b>	80 a 100%
<b>No. 16 (1,18 mm)</b>	50 a 85%
<b>No. 30 (600 µm)</b>	25 a 60%
<b>No. 50 (300 µm)</b>	10 a 30%
<b>No. 100 (150 µm)</b>	2 a 10%

FUENTE: Rivva, 2007

El agregado fino no deberá tener más de 45 por ciento retenido entre dos tamices consecutivos y su módulo de finura deberá estar entre 2,3 y 3,1. Si el agregado no cumple con estos requisitos puede utilizarse siempre y cuando cumpla con la prueba de esfuerzo del mortero que establece la Norma ASTM C 87, donde es aceptada si después de los siete días la prueba presenta el 95 por ciento de su resistencia de diseño.

Tabla 6: Clasificación de la arena por su módulo de finura

<b>Tipo de Arena</b>	<b>Módulo de Finura</b>
<b>Gruesa</b>	3.2 gramos
<b>Media</b>	2.9 gramos
<b>Fina</b>	2.2 gramos
<b>Muy Fina</b>	1.5 gramos

Fuente: Gaitán, 2002

### **AGREGADO GRUESO, ASTM C-33 / NTP 400.037**

El agregado grueso está formado por gravas trituradas escorias de explosión de concreto, piedra triturada (Rivva, 2007).

La granulometría seleccionada deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto, con una adecuada trabajabilidad y consistencia en función de las condiciones de colocación de la mezcla (Rivva, 2007).

## **GRANULOMETRIA, ASTM C-136 / NTP 400.012**

El agregado grueso a utilizar en el trabajo, basado en la severidad de la intemperización, abrasión y otros factores de exposición. Se espera que los límites para agregado grueso involucrado en la investigación, correspondientes a cada designación de clase aseguren su desempeño satisfactorio en el diseño del concreto.

El agregado grueso varían de 1.18 milímetros (0.046 pulgadas a 100 milímetros (4 pulgadas), dentro de los límites permitidos.

## **ABSORSIÓN Y CONTENIDO DE HUMEDAD, ASTM C-566 / NTP 339.185**

Incremento en la masa del agregado debido al agua en los oros del material, pero sin incluir el agua adherida a la superficie exterior de las partículas, expresado como un porcentaje de masa seca. (Porcentaje de absorción y humedad en los agregados del diseño de mezclas).

El agregado se considera seco cuando se ha mantenido a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  por suficiente tiempo para remover el agua no combinada.

Para corregir el peso del material al hacer mezclas de concreto, es necesario obtener el porcentaje de humedad contenida además del porcentaje de absorción del agregado.

Seco al horno, completamente seco y absorbente.

Seco superficialmente, pero con un cierto porcentaje de humedad.

Saturado y de superficie seca, para no absorber agua del concreto.

## **DENSIDAD RELATIVA (PESO ESPECÍFICO) PARA AGREGADO GRUESO SEGÚN LA NORMA ASTM C-127 / NTP 400.021, PESO ESPECÍFICO PARA AGREGADO FINO SEGÚN NORMA ASTM C-128 / NTP 400.022.**

La densidad relativa (gravedad específica) es la característica generalmente usada para el cálculo del volumen ocupado por el agregado en mezclas de concreto de cemento Portland, concreto bituminoso y otras mezclas que son proporcionadas o analizadas en base a un volumen absoluto. También es utilizada en el cálculo de vacíos en los agregados en el método de ensayo C 29/C 29M. (Densidad, s.f.)

## **DENSIDAD APARENTE (MASA UNITARIA) DE LOS AGREGADOS, ASTM C-29 / NTP 400.017**

La densidad aparente la masa por unidad de volumen de la porción impermeable de las partículas de agregado a granel, referido a determinar

Masa unitaria compactada

Masa unitaria suelta

## **PORCENTAJE DE VACÍOS, ASTM C-29 / NTP 400.017.**

El espacio entre vacíos está referido a los espacios entre partículas de la masa que se encuentran separados, o no están siendo ocupados por minerales sólidos.

El porcentaje de vacíos entre las partículas se calcula a partir de la densidad aparente y densidad relativa, que se determina para el agregado grueso y agregado fino.

## **DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA DEGRADACIÓN DE AGREGADO GRUESO DE TAMAÑO PEQUEÑO POR ABRASIÓN E IMPACTO EN LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES ASTM C-131 / NTP 400.019.**

Este ensayo llamado también prueba de abrasión, es una propiedad mecánica que sirve para el control de calidad de los agregados de procedencia triturada o de canto rodado, siendo de diversas fuentes que tienen composiciones minerales similares. Los resultados sirven para la elaboración de concretos, debido a que en el procedimiento de mezclado son sometidos a las mismas cargas, ya sea con pala o con mezcladora.

El ensayo de abrasión dependerá de la granulometría realizada al agregado grueso, la cantidad inicial de la muestra es de 5 kg según la especificación, cantidad que será completada con agregado proveniente de la granulometría según el tipo de abrasión que se pueda realizar.



Tabla 7: Graduación para el tipo de abrasión a realizar de agregado grueso

<b>Tipo</b>	<b>Tamices</b>	<b>Peso Retenido (g)</b>	<b>Nº de Esferas</b>	<b>Revoluciones</b>	<b>Tiempo (min)</b>
<b>A</b>	1", ¾", ½" y ⅜"	1 250 ± 10	12	500	17
<b>B</b>	½" y ⅜"	2 500 ± 10	11	500	17
<b>C</b>	¼" y No. 4	2 500 ± 10	8	500	17
<b>D</b>	No. 8	5 000	6	500	17

**Fuente:** N.T.P 400.019, 2002

Según la especificación ASTM C33 / NTP 300.037, 2002; el límite máximo admisible en porcentaje de desgaste de agregado grueso depende de la región de intemperización y del tipo o ubicación de la construcción de concreto, por lo que el porcentaje de desgaste máximo es del 50%

### **DISEÑO DE MEZCLA USANDO EL MÉTODO ACI 211**

La recomendación original del ACI data del año 1944, habiendo experimentado relativamente muy pocas variantes sustantivas hasta la última versión emitida por el Comité 212.1 el año 1991. Está basado en que los agregados cumplan con los requisitos físicos y granulométricos establecidos por ASTM C 33, define el agua de mezcla empíricamente en función del Tamaño Máximo del agregado y del slump (asentamiento) como medida de trabajabilidad (Tabla 7); asimismo, establece de manera empírica el volumen de agregado grueso compactado en seco en función del Tamaño Máximo de la piedra y el Módulo de Fineza de la arena exclusivamente (Tabla 10), y correlaciona la relación agua/cemento en peso con la resistencia en compresión (Tabla 9).

### **PROCEDIMIENTO DE DISEÑO**

Se determinó las características y especificaciones, como son:

Resistencia requerida a los 28 días:  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ .

El tipo de cemento a usado: Cemento Pacasmayo Tipo I.

Selección del asentamiento: 3- 4, consistencia plástica.

Aire incorporado: NO.

Se seleccionó la resistencia promedio, a partir del tercer criterio, mediante la siguiente tabla.

Tabla 8: Resistencia a la compresión promedio.

$f'_c$ ( kg / cm <sup>2</sup> )	$f'_{cr}$ ( kg / cm <sup>2</sup> )	$f'_{cr}$ ( kg / cm <sup>2</sup> )	$f'_{cr}$ ( kg / cm <sup>2</sup> )
<b>Menor de 210</b>	$f'_c + 70$	175	245
<b>210 a 350</b>	$f'_c + 84$	210	294
<b>Mayor de 350</b>	$f'_c + 98$	350	448

**Fuente:** Riva, 1992

Se determinó el tamaño máximo nominal del agregado (dato de las propiedades físicas de los agregados).

Se seleccionó el asentamiento por el tipo de consistencia del concreto mediante la siguiente tabla.

Tabla 9: Asentamiento por el tipo de Consistencia del Concreto.

Resistencia del Concreto	Asentamiento	Trabajabilidad
<b>Seca</b>	0 " a 2 "	Poca
<b>Plástica</b>	3 " a 4 "	Buena
<b>Húmeda</b>	$\geq 5$ "	Poco

**Fuente:** Rivva, 1992

Se determinó la selección de volumen unitario de agua de diseño y selección de aire atrapado, usando la siguiente tabla.

Tabla 10: Cantidades aproximadas de agua para diferentes slump

Slump	Tamaño máximo de agregado							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
<b>Concreto sin aire incorporado</b>								
<b>1" a 2"</b>	207	199	190	179	166	154	130	113
<b>3" a 4"</b>	228	216	205	193	181	169	145	124
<b>6" a 7"</b>	243	228	216	202	190	178	160	
<b>Concretos con aire incorporado</b>								
<b>1" a 2"</b>	181	175	168	160	150	142	122	107
<b>3" a 4"</b>	202	193	184	175	165	157	133	119
<b>6" a 7"</b>	216	205	197	184	174	166	154	

**Fuente:** A.C.I, 1981.

Luego se seleccionó la relación Agua-Cemento por resistencia del concreto mediante la siguiente tabla.

Tabla 11: Relación agua / cemento

f'c a 28 Días (Kg/cm <sup>2</sup> )	Relación Agua/Cemento en peso	
	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
45	0.3	
40	0.4	
35	0.5	0.4
30	0.6	0.4
25	0.6	0.5
20	0.7	0.61
15	0.8	0.7

Fuente: A.C.I, 1981.

Luego se determinará el factor cemento que resulta de la división del volumen unitario de agua con la relación agua/cemento.

Luego se procedió a determinar el contenido de agregado grueso, utilizando la siguiente tabla, interpolando nuestro módulo de finura:

Tabla 12: Volumen de agregado grueso

Tamaño Máximo Nominal del Agregado	Volumen del agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen del concreto para diferentes módulos de fineza del agregado fino			
3/8"	2.40	2.60	2.80	3.00
1/2"	0.50	0.48	0.46	0.44
3/4"	0.59	0.57	0.55	0.53
1"	0.66	0.64	0.62	0.60
1 1/2"	0.71	0.69	0.67	0.65
2"	0.76	0.74	0.72	0.70
3"	0.78	0.76	0.74	0.72
4"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: A.C.I, 1981.

Para determinar el contenido de agregado grueso, se multiplica el valor encontrado en la tabla con el peso seco compactado del agregado grueso.

Luego se determinó la suma de los volúmenes absolutos de cemento, agua de diseño, aire, y agregado grueso; encontrados anteriormente.

Luego se determinó el volumen absoluto del agregado fino, restando 1 menos la suma de los volúmenes absolutos (cemento, agua, aire, y agregado grueso).

Luego se determinó el peso seco del agregado fino, multiplicando su volumen absoluto con el peso específico de la masa del agregado fino.

Luego se procedió a determinar los valores de diseño del cemento, agua, aire, agregado fino, y agregado grueso.

Luego se realizó la corrección de los valores de diseño por el contenido de humedad de los agregados.

Finalmente, se determinó las proporciones en peso, de diseño y de obra.

## ENSAYOS EN EL CONCRETO SEGÚN LA NORMA ASTM/NTP

### CONCRETO FRESCO

El concreto debe de cumplir con las especificaciones técnicas para su fácil trabajabilidad, al momento del mezclado, los materiales involucrados deberán ser mezclados hasta contar con una mezcla homogénea.

#### Asentamiento ASTM C – 143 / NTP 339.035

Se buscará que para todos los ensayos un asentamiento constante de 3" a 4", consiguiendo una consistencia plástica y trabajable del concreto fresco referido al grado de fluidez

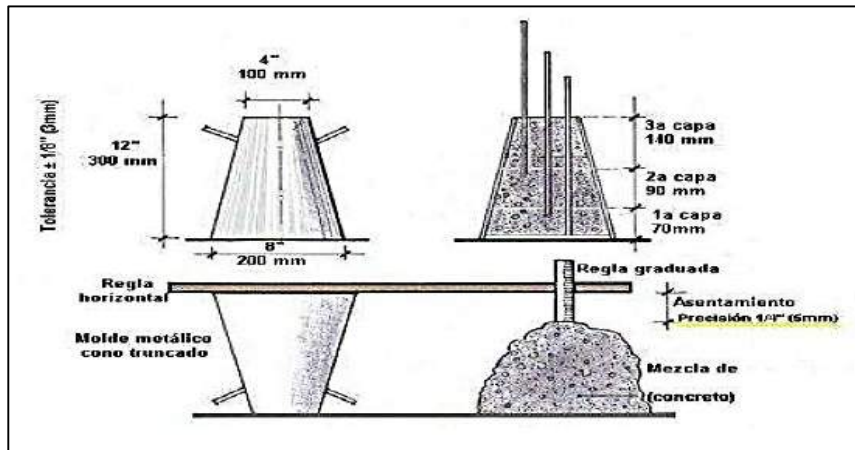


Figura 2: Procedimiento para medir el asentamiento

fuentes Control de calidad de concreto – DINO

#### Peso unitario ASTM C-138 / NTP 339.046.

El peso unitario de la concreta irá en aumento desde que se desarrollara el patrón hasta la realización del concreto con la incorporación del 15% de ceniza de tuna de nopal.

### **Contenido de aire, ASTM C-138 / NTP 339.046.**

Este ensayo determinara la cantidad de aire que puede contener el concreto recién mezclado, excluyendo cualquier cantidad de aire que puedan contener las partículas de los agregados, el control del contenido del aire entrampado es importante, debido a que un incremento relevante del mismo se traduce en una disminución de la resistencia por el aumento de vacíos en el mortero.

### **Temperatura del Concreto, ASTM C-1064 / NTP 339.0184.**

Este ensayo cumple con la finalidad de examinar la temperatura del concreto recién mezclado, puede usarse para verificar que dicho concreto satisfaga requerimientos específicos de temperatura; es importante realizar este control debido a que condiciona la velocidad del proceso de endurecimiento inicial del concreto, la cual es influenciada por la temperatura ambiente y calor específico de los materiales constituyentes; a mayor temperatura durante el muestreo mayor será la resistencia inicial y también el efecto de contracción, disminuyendo posiblemente la resistencia a largo plazo. Marrufo, J. (2015)

### **ESPECÍMENES PARA LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN ASTM C-31 / NTP 339.033.**

Las probetas que se realizarán serán diseñadas de acuerdo al cumplimiento de las normas, se emplean cilindros de concreto de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura, en la fabricación de los cilindros se sigue la norma NMX-C-160 y en el ensaye de los cilindros se sigue la norma NMX-C-083 (CIVIL, 2011)

El ensayo de resistencia se desarrollará cumplido los 7,14 y 28 días de curado, como mínimo con 3 probetas para obtener en promedio.

## **ENSAYOS EN EL CONCRETO ENDURECIDO**

### **CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO ENDURECIDO.**

Se desarrollará la comprobación de la resistencia del concreto endurecido a los 7,14 y 28 días, para verificar la resistencia a para la cual fue diseñada cada uno de los concretos patrones y concreto con la incorporación del 15% de tuna o nopal

## **ENSAYOS DE CILINDRO DE CONCRETO A COMPRESIÓN ASTM C-39 / NTP 339.034**

### **Normas**

ASTM C39: Método de prueba estándar para la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto.

NTP 339.034: Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

### **Definición:**

Consiste en aplicar una carga de compresión axial a los cilindros moldeados o extracciones diamantinas a una velocidad normalizada en un rango prescrito mientras ocurre la falla. La resistencia a la compresión de la probeta es calculada por división de la carga máxima alcanzada durante el ensayo, entre el área de la sección recta de la probeta (Marrufo, 2015).

El parámetro obtenido es una propiedad principalmente física y es frecuentemente usado en el diseño de estructuras, se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm<sup>2</sup>) o en mega pascales (MPa) Marrufo, J. (2015).

### **Importancia:**

Los resultados de las pruebas de Resistencia a Compresión se emplean fundamentalmente para verificar que la mezcla del concreto suministrada cumpla con los requerimientos de la resistencia especificada ( $f'_c$ ) en la definición del proyecto Marrufo, J. (2015).

También se puede utilizar para fines de control de calidad, aceptación del concreto o para estimar la resistencia en elementos estructurales que permitan definir la programación de los siguientes procesos constructivos en la ejecución de una obra (remoción de encofrados, puntales, etc.) Marrufo, J. (2015).

### **Equipo:**

La máquina de ensayo deberá tener capacidad conveniente, debe ser operada por energía (no manual) y debe permitir una velocidad de carga sobre la probeta de  $0,25 \pm 0,05$  MPa/s, de forma continua sin intermitencia ni detenimiento. Marrufo, J. (2015).

La máquina de ensayo será equipada con dos bloques de acero con caras resistentes, uno de los cuales se asentará sobre una rótula, que le permita acomodarse a la parte superior de la probeta, y el otro se apoya sobre una sólida base en el que se

asienta la parte inferior de la misma. Las caras de los bloques serán paralelas durante el ensayo y deben tener una dimensión mínima de al menos 3% mayor que el diámetro de las probetas a ser ensayadas. Marrufo, J. (2015).

#### **Especímenes para ensayo:**

El ensayo se puede realizar con especímenes obtenidos en cualquiera de las siguientes condiciones:

Especímenes curados y moldeados, de acuerdo con la ASTM C31, de una muestra de concreto fresco.

Especímenes extraídos o aserrados de una estructura de concreto endurecido, de acuerdo con la ASTM C42.

Especímenes producidos con moldes de cilindros colocados in situ (embebidos en la estructura), de acuerdo con la ASTM C873.

Para esta investigación se realizará teniendo en cuenta la norma ASTM C31.

#### **Procedimiento de ensayo:**

En el caso de probetas cilíndricas, curadas y moldeadas, se pueden tener dimensiones de 6" x 12" o 4" x 8", las probetas más pequeñas suelen ser más fáciles de manipular en el campo y en laboratorio, el diámetro de la probeta a utilizar debe ser como mínimo 3 veces el tamaño máximo nominal del agregado utilizado en la preparación del concreto. Según la ASTM C39 y la NTP 339.034 las probetas deben ser ensayadas tan pronto como sea práctico luego de ser retiradas de la condición de curado, es decir, se ensayarán en condiciones húmedas superficialmente secas Marrufo, J. (2015).

Medir el diámetro de la probeta con el micrómetro en dos posiciones que estén en ángulo recto entre sí, a la altura media de la misma, estos diámetros deben promediarse para poder calcular el área de la sección Marrufo, J. (2015).

Antes de colocar la probeta entre los cabezales de la máquina de ensayo, se limpiarán las caras de contacto de los bloques de acero, superior e inferior, y las de la probeta, evaluar si es conveniente aplicar capping, refrentado o usar pads de neopreno. Se alinearán los ejes de la probeta a ensayar con el centro de empuje de la máquina a manera de evitar excentricidades Marrufo, J. (2015).

Verificar que el indicador de carga de la máquina esté en cero, de no ser así se deberá ajustar. Luego aplicar la carga de manera continua y uniforme, hasta el momento de la falla de la probeta, por último registrar el tipo de falla y la carga máxima soportada por la probeta antes de fracturarse. Calcular la Resistencia a Compresión, dividiendo la carga máxima entre el área promedio de la sección Marrufo, J. (2015).

**Tipo de fracturas en los cilindros de concreto ASTM C-39 / NTP 339. 034.**

**Fractura tipo I:** Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, fisuras a través de los cabezales de menos de 1 in (25mm).

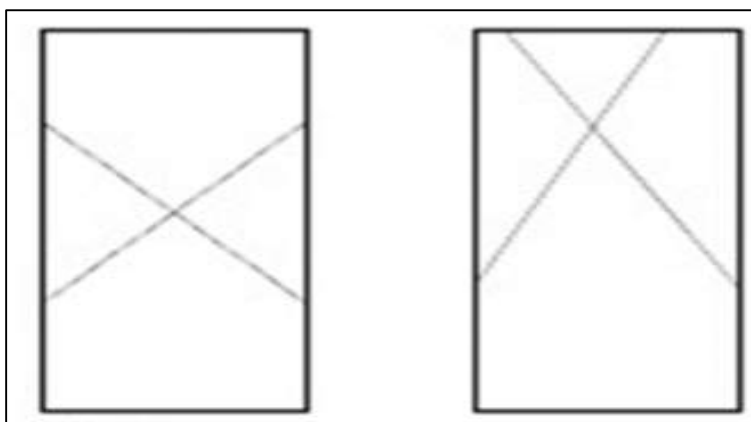


Figura 3: Fractura tipo I.

Fuente. NTP 339.034 / ASTM C-39

**Fractura tipo II:** Conos bien formados en un extremo, fisuras verticales a través de los cabezales, como no bien definido en el otro extremo.

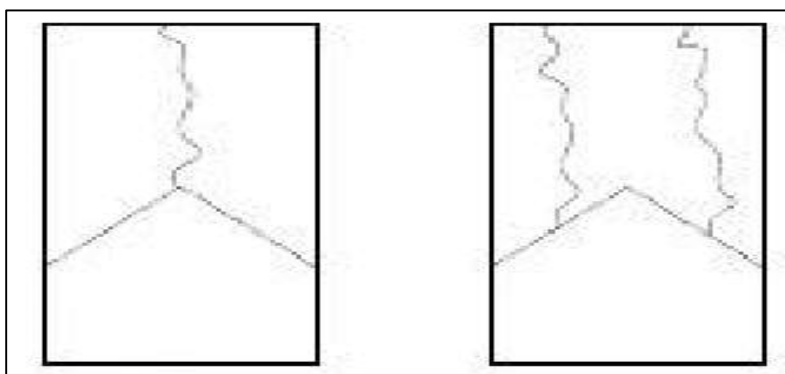


Figura 4: Fractura tipo II.

Fuente. NTP 339.034 / ASTM C-39



**Fractura tipo III:** Fisuras verticales en columnadas a través de ambos extremos, como no bien formados.

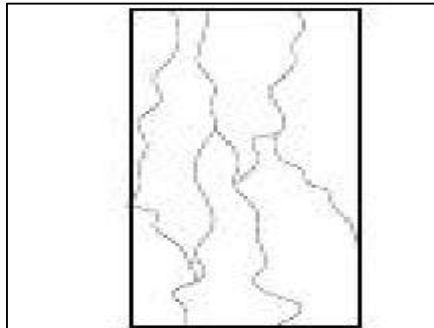


Figura 5: Fractura tipo III.

Fuente. NTP 339.034 / ASTM C-39

**Fractura tipo IV:** Fractura diagonal sin fisuras a través de los extremos; golpes suavemente con un martillo para distinguirla del tipo 1.

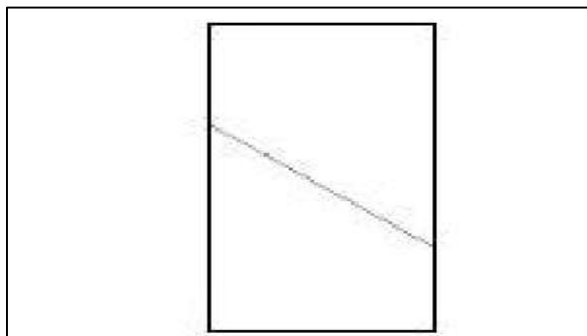


Figura 6: Fractura tipo IV.

Fuente. NTP 339.034 / ASTM C-39

**Fractura tipo V:** Fracturas en los lados en las partes superior o inferior (ocurre comúnmente con cabezales no adheridos).

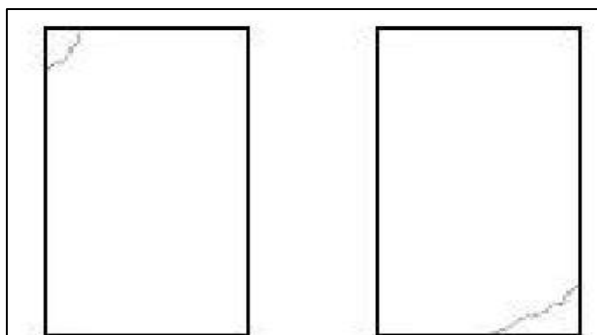


Figura 7: Fractura tipo V.

Fuente. NTP 339.034 / ASTM C-39

**Fractura tipo VI:** Similar a tipo 5 pero el extremo del cilindro es puntiagudo.

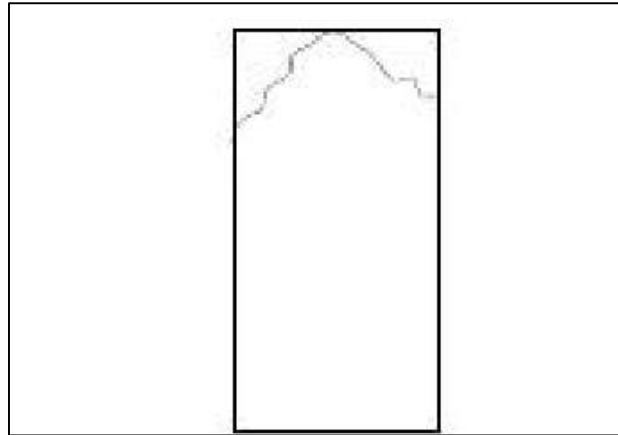


Figura 8: Fractura tipo VI.

Fuente. NTP 339.034 / ASTM C-3

## **DESARROLLO EXPERIMENTAL DE LA INVESTIGACIÓN**

### **MEZCLA DE CONCRETO**

Se realizarán mezclas de concreto para un diseño patrón de 210 kg/cm<sup>2</sup>, y para los concretos con 15% de ceniza de tuna o nopal que reemplazara el agregado fino.

### **DISEÑO DE MEZCLA**

Es la selección de las proporciones de los materiales integrantes de la unidad cubica de concreto, conocida usualmente como diseño de mezclas, puede ser definida como el proceso de selección de los ingredientes más adecuados y de la combinación más conveniente, con la finalidad de obtener un producto que en el estado no endurecido tenga la trabajabilidad y consistencia adecuados y que endurecido cumpla con los requisitos establecidos por el diseñador. (Arana, s.f.)

La dosificación de las mezclas para concreto de peso normal es la determinación más económica y práctica de los componentes para concreto. De tal forma que tenga manejabilidad en su estado plástico y que desarrolle las propiedades requeridas en su estado endurecido. Así, una mezcla para concreto correctamente dosificada debe lograr fundamentalmente tres objetivos:

La manejabilidad del concreto recién mezclado.

Las propiedades que se requieren en el concreto endurecido.

Ser económica.

Uno de los diseños más utilizados para elaborar diseños de mezclas es el contemplado en el ACI 211. Este documento nos da un alcance para comenzar a trabajar y encontrar proporciones aproximadas en el diseño de un concreto nuevo. (Rivva, 2007).

Utilizaremos el método ACI 211 y realizaremos las mezclas de prueba para un diseño de mezclas patrón, posteriormente se obtendrá los diseños de mezcla con la incorporación de la ceniza de tuna o nopal. Posteriormente se realizará la corrección debido a la humedad de los agregados al momento de realizar la mezcla del concreto, así mismo la adición del agua según su consistencia adquirida en el instante.

Se realizará el diseño de mezcla para un concreto convencional con una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>, Utilizando agregado fino, agregado grueso, cemento, agua, posteriormente se realizará el diseño de mezcla de concreto con la incorporación del 15% de ceniza de tuna o nopal.

85% de cemento y 15% de tuna o nopal

## **PRUEBAS Y METODOLOGÍA A USARSE**

Se usarán las Normas del Ministerio de Transporte y Comunicaciones. A continuación, se describen brevemente en qué consisten:

MTC E 701 – 2000: Toma de muestras de concreto fresco

Este método se refiere al procedimiento para obtener muestras de concreto fresco de mezcladoras fijas, pavimentadoras y camiones mezcladores, agitadores o volquetes.

MTC E 702 – 2000: Elaboración y curado en el laboratorio de muestras de concreto para ensayos de laboratorio

Se establece el procedimiento para la elaboración y el curado de muestras de concreto en el laboratorio bajo estricto control de los materiales y condiciones de ensayo, usando concreto compactado por apisonado o vibración.

### **MTC E 704 – 2000: Resistencia a la compresión de testigos cilíndricos**

La prueba determina la resistencia a la compresión de testigos cilíndricos de concreto para concretos con pesos unitarios superiores a 800kg/m<sup>3</sup>.

La prueba consiste en aplicar una carga axial de compresión a testigos preparados a una velocidad de carga prescrita, hasta que se presente la falla. La resistencia a la compresión del espécimen se determina dividiendo la carga aplicada durante el ensayo por la sección transversal de este.

**MTC E 705 – 2000: Asentamiento del concreto Este ensayo determina el asentamiento del concreto en la obra y el laboratorio.**

El ensayo no es aplicable a concretos que tengan una cantidad apreciable del agregado grueso de 37.5 mm (1 ½”) o cuando el concreto no es plástico o cohesivo.

## OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 13: Variable dependiente

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
<b>Resistencia del concreto</b>	La resistencia del concreto es definida como el máximo esfuerzo que puede ser soportado por dicho material sin romperse. Dado que el concreto está destinado principalmente a tomar esfuerzos de compresión, es la medida de su resistencia a dichos esfuerzos la que se utiliza como índice de su calidad. Rivva, L.( 2014)	La resistencia a la compresión de testigos cilíndricos es una prueba que consiste en aplicar una carga axial de compresión a testigos preparados a una velocidad de carga prescrita, hasta que se presente la falla. La resistencia a la compresión del espécimen se determina dividiendo la carga aplicada durante el ensayo por la sección transversal de este. (MTC E 704-2000)	<b>Carga Axial:</b> fuerza que actúa a lo largo del eje longitudinal de un miembro estructural  <b>Tiempo de Curado:</b> parte vital que se le debe brindar al concreto luego del vaciado y acabado del mismo.  <b>Área:</b> diámetro de las probetas cilíndricas las cuales serán sometidas a compresión hasta completar la ruptura.	Promedios  Varianza  Desviación estándar

**Fuente:** elaboración propia 2018

Tabla 14: Variable independiente

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
<b>Componentes de Diseño de Mezcla de Concreto</b>	Consiste en proporcionar y hacer masada de prueba, basadas en un control dela relación agua-cemento y tomando en cuenta los factores que afectan al concreto resultante (cemento, graduación y propiedades del agregado, etc.).Las propiedades del concreto se comprueban prácticamente y pueden hacerse (NTP, 400.037)	Sustitución de un porcentaje de cemento por ceniza de tuna o nopal en un 15% en comparación a un diseño convencional de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	<b>Dosificación:</b> implica establecer las proporciones apropiadas de los materiales que componen el concreto, a fin de obtener la resistencia y durabilidad requeridas con la sustitución del 15% de cemento por ceniza de tuna o nopal.  <b>Relación:agua/cemento:</b> influye grandemente en la resistencia del concreto.	Porcentajes: 0% y 15%  Variación  Promedios

**Fuente:** Elaboración propia 2018

En la presente tesis nuestra hipótesis es: Si sustituimos un 15% de cemento por ceniza de tuna o nopal activada, se mejoraría la resistencia a la compresión de un concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .

El objetivo general del presente estudio es: Determinar la resistencia a la compresión del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  cuando se sustituye un 15% del cemento por ceniza de tuna o nopal. Y como objetivos específicos:

Determinar la temperatura y tiempo óptimo de calcinación del material mediante el ensayo de Análisis Térmico Diferencial.

Activar térmicamente los precursores puzolanicos y determinar la composición química mediante la fluorescencia de rayos x de la tuna o nopal.

Determinar el grado de alcalinidad (PH) de la ceniza de la tuna o nopal y de la combinación de 15% de cemento por cenizas de tuna o nopal.

Determinar la relación agua – cemento para el concreto patrón y experimental.

Determinar la resistencia a la compresión de las probetas patrón y experimentales a los 7, 14 y 28 días y comparar los resultados y validez estadística.

## METODOLOGÍA DEL TRABAJO



















### Tipo diseño investigación

El tipo de investigación es Aplicada, porque los resultados obtenidos servirán para la solución de problemas relacionados a la construcción, específicamente a las propiedades del concreto explicando cómo se comporta la resistencia cuando se sustituye un porcentaje de cemento por ceniza de tuna o nopal.

### Diseño de investigación

Es un diseño experimental de nivel CUASI – EXPERIMENTAL, que consiste en hacer un cambio en el valor de una variable (independiente), en el cual estudiaremos el diseño convencional del concreto ( $F'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>) en comparación con el nuevo diseño elaborado con el remplazo o sustitución de un porcentaje de cemento por ceniza de tuna o nopal, el estudio en su mayor parte se concentrará en las pruebas realizadas en el Laboratorio de Suelos, donde el investigador estará en contacto con los ensayos a realizar obteniendo resultados de acuerdo a lo planeado en sus objetivos. Siendo su diseño de investigación el siguiente:

Tabla 15: Tiempo y cantidad de muestras a investigar

DIAS DE CURADO	RESISTENCIA DEL CONCRETO $F'c=210$ KG/CM <sup>2</sup> CON SUSTIUCION DEL 15% DE CENIZA DE TUNA O NOPAL	
	Patrón	Experimental
7		
		
		
14		
		
		
28		
		
		

Fuente:elaboración propia 2018

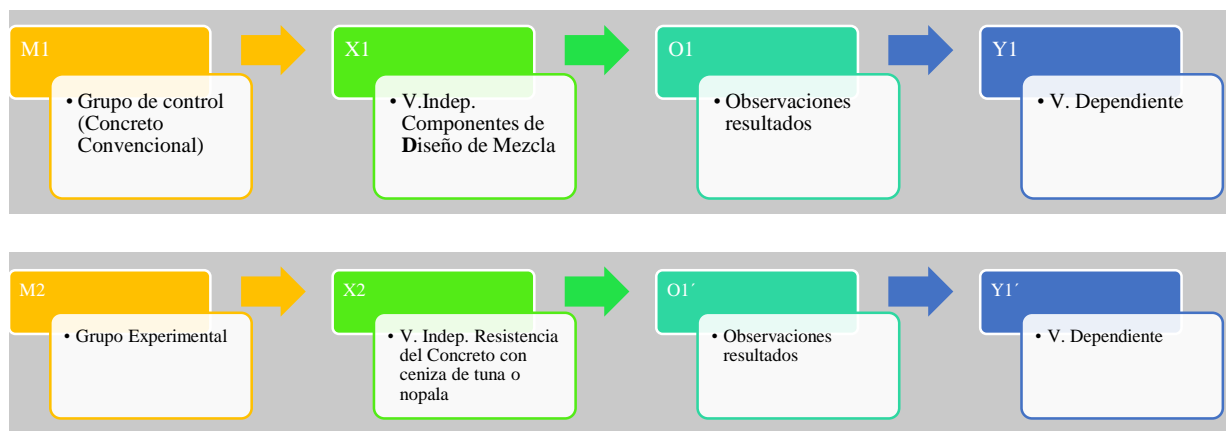


Figura 9: Esquema de diseño de investigación

**DONDE:**

**M1:** grupo de control concreto convencional

**M2:** grupo de control experimental (concreto elaborado de manera experimental sustituyendo al cemento por un 15% de ceniza de tuna o nopal)

**X1:** variable independiente (componentes de diseño de mezcla)

**X2:** variable independiente (componentes de diseño de mezcla adicionándole ceniza de tuna o nopal)

**Y1,Y2:** variable dependiente (resistencia del concreto elaborado de manera convencional)

**Y1',Y2':** variable dependiente (resistencia del concreto elaborado de manera experimental sustituyendo al cemento por un 15% de ceniza de tuna o nopal)

**O1,O2:** observaciones y (resultados) posibles del grupo de control concreto convencional

**O1',O2':** observaciones y (resultados) posibles grupo de control concreto elaborado de manera experimental sustituyendo al cemento por un 15% de ceniza de tuna o nopal.

**O1,O2, O3:** información u observaciones recolectadas en cada uno de los grupos de control en donde los resultados pueden ser: iguales, diferentes o semejantes con respecto del uno al otro.



## **POBLACIÓN Y MUESTRA**

- Para esta investigación se tiene como población de estudio al conjunto de probetas de diseño de concreto según el estándar de construcción establecido  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . La cual queda limitada por las variables a tratar: Variable Independiente (Componentes de Diseño de Mezcla de Concreto) y Variable Dependiente (Resistencia del Concreto)
- La muestra estará conformada por 18 probetas cilíndricas de concreto teniendo en cuenta un diseño patrón de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . En las cuales 9 probetas para 0% (diseño convencional) y 9 probetas para el 15% ceniza de tuna o nopal (diseño experimental) (Según Reglamento Nacional de Edificaciones. 2007)
- Para la confección de especímenes, desarrollo del ensayo experimental y la recopilación de datos se utilizarán las metodologías de ensayo:

**ASTM C39** "método de ensayo normalizado para resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto"

**ASTM C78** (cargada en los puntos tercios) que consiste en ensayar una probeta de sección prismática de 15 cm. x 15 cm. x 50 cm., apoyándola sobre dos soportes rotulados separados 45 cm. y aplicando carga a los tercios de la luz libre (a 15 cm. de cada extremo) falladas a flexión. En ambos casos serán ensayados a diferentes edades en días 7, 14 y 28 respectivamente.

### **Técnica e instrumentos de investigación**

#### **Recolección de datos**

La recolección de datos de la investigación se realizara en forma directa, la primera etapa a través del muestro para luego llevarlos al laboratorio y la segunda etapa a partir de los diseños y ensayos anotándolos en los formatos respectivos de acuerdo a los procedimientos técnicos y normativos establecidos y en función al cronograma establecido del proyecto de tesis; así como las fechas de obtención de las probetas cilíndricas y prismáticas, fecha de los respectivos ensayos de resistencia a la compresión axial ASTM C39 y de resistencia a la flexión o módulo de rotura ASTM C78.

## **Técnicas**

Las técnicas que se utilizó en este estudio serán observación directa, análisis de documentos, ensayos de probetas cilíndricas con y sin adición de ceniza de tuna o nopal.

- Toma de muestras de agregados
- Peso unitario de los agregados (MTC E 203 - 2000)
- Peso específico y absorción de agregados agregado grueso (MTC E 206-2000, NTP 400.021)
- Peso específico y absorción de agregados agregado fino (MTC E 205-2000)  
Porcentaje de vacíos
- Contenido de humedad, absorción efectiva y humedad superficial
- Análisis granulométrico del agregado grueso (MTC E 204- 2000)
- Análisis granulométrico del agregado fino (MTC E 204-2000)
- Ensayo de California Bearing Ratio (C.B.R.)- NTP339.145
- Diseño de mezclas usando el método del comité 211 del ACI
- Ensayos del concreto fresco
- Ensayo de resistencia a la flexión o módulo de rotura ASTM C78

## **Instrumentos**

- Los instrumentos a utilizar serán:
- Datos de campo (insitu).
- Bolsas de conservación de muestra.
- Laboratorio de mecánica de suelos y concreto.
- Guías de observación resumen
- Formatos de laboratorio.

## **Procesamiento y Análisis de la Información**

### **Recolección de datos**

Para determinar la influencia de la resistencia del concreto al incorporar el 15% de ceniza de tuna o nopal consistió en determinar las características al material a incorporar las propiedades físicas mecánicas de los agregados para poder realizar los diseños de mezcla usando el método ACI 211.

Una vez diseñado la muestra patrón la muestra con la incorporación de ceniza de tuna o nopal (15%), se procede a ensayarlos a compresión a los 7, 14 y 28 días de curado, donde se registran los datos a comparar

### **Características del material a incorporación**

**Obtención de la tuna o nopal:** Una vez obtenida la materia prima, se procedió a quemarlo para obtener la ceniza

**Preparado de la ceniza de tuna o nopal:** Una vez obtenida la materia prima (ceniza de tuna o nopal), se procedió a tamizar por las mallas del agregado fino y se utilizó los porcentajes más representativos de cada tamiz

### **Instrumentos**

Para determinar las características de la materia prima a incorporación (ceniza de tuna o nopal), se utilizaron los siguientes instrumentos

- Guantes lentes de seguridad.
- Recipientes
- Mascarillas
- Balanza electrónica

### **Propiedades físicas de los agregados**

### **Granulometría de los agregados (ASTM C136/NPT 400.012)**

**Agregado fino:** se tomó 1683.4 gr de la muestra por cuarteo, la cual se pasó por el juego de tamices según la norma ASTM C136, posteriormente se registró los pesos retenidos en cada malla, para finalmente los datos sean procesados.

**Agregado grueso:** se tomó 2185.0 gr de la muestra por cuarteo, la cual se pasó por el juego de tamices según la norma ASTM C136, posteriormente se registró los pesos retenidos en cada malla, para finalmente los datos sean procesados

### **Peso unitario y contenido de vacíos de los agregados (ASTM C29/NPT400.017)**

Se preparó muestras tanto para el agregado grueso como para el agregado fino para luego calcular el peso unitario suelto compactado.

**Peso unitario suelto:** se llenó el recipiente el cual se le conoce el volumen hasta rebosar, descargando el material a una altura no mayor de 5cm, se registró su peso.

**Peso unitario compactado:** se llenó 1/3 del recipiente con la muestra, se compactó con 25 golpes se repitió el procedimiento a los 2/3 al tope del recipiente, enrasándolo; luego se procedió a registrar el peso de la muestra compactada

### **Peso específico y absorción de los agregados**

#### **Agregado fino (ASTM C128 / NTP 400.022):**

Se toma una muestra de material, se la deja sumergida en agua durante 24 horas a una temperatura ambiente con el objetivo de saturar los poros. Pasado ese tiempo se escurre teniendo cuidado de no perder material y se deja secar hasta que el material esté suelto

Luego se tomó el molde cónico, el cual se llenó del material y se aprisionó con 25 caídas del compactador desde una altura aproximadamente de 5 mm, luego se alzó el molde verticalmente se verificó si el cono se mantiene firme; si esto ocurre se continúa con la operación de secado hasta que el cono se derrumbe ligeramente al

retirar el molde, lo que indicara que la muestra ha alcanzado la condición de superficie seca.

Posteriormente se llenó un picnómetro con agua, se pesó se botó un poco de agua, se introdujo la muestra se le añadiría agua gradualmente hasta llenar l totalidad del picnómetro, removiendo la muestra para eliminar las burbujas

Se pesó el picnómetro con la muestra el agua. Posteriormente se sacó la muestra del instrumento y se dejó secar a una temperatura entre 100 y 110° C para luego registrar su peso.

#### **Agregado grueso (ASTM CI 127 / NPT 400.021)**

Se tomó una muestra de agregado, la cual se sumergió en agua durante 24 h a una temperatura ambiente. Pasa este tiempo se deja escurrir el material durante unos minutos, se seca superficialmente con una toalla y se toma el peso de la muestra saturada con superficie seca. Luego se prepara la balanza mecánica con las canastillas y se coloca la muestra de la canastilla, se sumerge en agua y se toma el peso de la muestra.

Finalmente se seca la muestra en el horno a una temperatura de 100°C, luego se dejó enfriar a temperatura ambiente para registrar su peso. Con estos datos se determinó la densidad aparente el porcentaje de absorción del agregado grueso.

#### **Contenido de humedad de los agregados (ASTM C566 / NTP 339.185)**

El ensayo consiste en determinar la humedad que tiene en ese momento los agregados, la cal comienza en pesar la tara luego se le agrega una proporción de agregado (fino o grueso). A continuación, se lleva la muestra a una estufa eléctrica por 24h. Una vez seco el agregado, se retira se deja enfriar para después tomar el peso de la tara con el material seco

## **Ensayo de concreto fresco llenado de probetas (Patrón)**

### **Slump (ASTM CI43 / NTP 339.035)**

La muestra de concreto recién mezclado se coloca y compacta con una varilla metálica (chuceo) en un molde con forma de cono trunco (con medidas normalizadas). Se coloca en tres capas cada una con 25 golpes.

El molde se levanta y el concreto fluye. La distancia vertical entre la posición original (el tamaño del molde) y la desplazada producto del asentamiento del centro de la superficie superior del concreto es medida y registrada como el asentamiento del concreto

### **Peso unitario y contenido de aire (ASTM C128 / NTP 339.046)**

Se tomó una muestra representativa del concreto recién mezclada con una cuchara metálica se llenó un recipiente cilindro metálico con tres capas de igual espesor, sobrellenado ligeramente la última capa. Cada capa se compacto con 25 golpes de varilla, distribuyendo uniformemente las penetraciones en toda la sección del molde. Se compacto la capa inferior en todo su espesor, sin compactar en el fondo del recipiente con la barra compactada. De igual forma se compacto la segunda y tercera capa penetrando una pulgada aproximadamente (25 mm) en la capa anterior

Para evitar que las burbujas de aire queden atrapadas en el interior de la muestra, se golpeó firmemente los lados del molde de 10 a 15 veces con un mazo de caucho después de compactar cada capa se enraso el concreto sobrante utilizando la varilla metálica apoyada sobre el borde superior del recipiente, limpiando a su vez el exceso de mortero en dicho borde.

Finalmente se pesó el molde lleno de concreto para los cálculos respectivos.

### **Desencofrado y curado de cilindros de concreto**

Se a utilizado probetas de 15cm de diámetro y 30 cm de altura, los moldes se limpiaron y se les coloco petróleo para su mejor manejo al momento de desencofrar.

Para cada ensayo se elaboraron 3 testigos para cada diseño según la norma ASTM C31 / NTP 339.033.

Una vez realizada la mezcla, se procedió a vaciarla en los moldes con las dimensiones antes indicadas, este vaciado se hizo en tres capas; la primera se vació hasta llegar a 1/3 del molde y se compactó con 25 golpes, posteriormente se vació la siguiente capa se compactó asegurándose que los golpes no llegaran a la primera capa, finalmente se añadió la tercera capa hasta rebosar el molde y se repitió el proceso de compactación para posteriormente enrasarlo. Se desmoldó a las 24 horas de realizado los especímenes de concreto, los cuales fueron curados en una poza a temperatura  $23^{\circ}\text{C} \pm 2$  según norma ASTM C31 / NTP 339.183

### **Preparado de la ceniza de tuna o nopal**

Una vez obtenida la materia prima (ceniza de tuna o nopal), seleccionarla y realizar todas las propiedades físicas

### **Propiedades físicas de la ceniza de tuna o nopal**

#### **Granulometría de la ceniza de tuna o nopal**

**Tuna o nopal:** se tomó 2867.7 gr de la muestra por cuarteo, la cual se pasó por el juego de tamices según la norma ASTM C136, posteriormente se registró los pesos reteniendo en cada malla, para finalmente los datos sean procesados.

#### **Peso unitario contenidos de vacíos de la ceniza de tuna o nopal**

**Peso unitario suelto:** se llenó el recipiente el cual se le conoce el volumen hasta rebosar, descargando la ceniza de tuna o nopal a no mayor de 5 cm, y se registró su peso

**Peso unitario compactado:** Se llenó 1/3 del recipiente con la ceniza de tuna o nopal, se compactó con 25 golpes repitió el procedimiento a los 2/3 al tope del recipiente, enrasándolo; luego se procedió a registrar el peso de la ceniza de tuna o nopal.

### **Peso específico absorción de la ceniza de tuna o nopal**

Se toma una muestra de material, se la deja sumergida en agua durante 24 horas a una temperatura ambiente con el objetivo de saturar los poros. Pasado ese tiempo se escurre teniendo cuidado de no perder material y se deja secar hasta que el material este suelto

Luego se tomó el molde cónico, el cual se llenó de ceniza de tuna o nopal y se aprisiono con 25 caídas del compactador desde una altura aproximadamente de 5 mm, luego se alzó el molde verticalmente se verifico si el cono se mantiene firme; si esto ocurre se continua con la operación de secado hasta que el cono se derrumbe ligeramente al retirar el molde, lo que indicara que la muestra ha alcanzado la condición de superficie seca.

Posteriormente se llenó un picnómetro con agua, se pesó se botó un poco de agua, se introdujo la ceniza de tuna o nopal se le añadió agua gradualmente hasta llenar la totalidad del picnómetro, removiendo la muestra para eliminar las burbujas

Se pesó el picnómetro con la ceniza de tuna o nopal y el agua. Posteriormente se sacó la muestra del instrumento y se dejó secar a una temperatura entre 100 y 110° C para luego registrar su peso.

### **Contenido de humedad de la ceniza de tuna o nopal**

El ensayo consiste en determinar la humedad que tiene en ese momento la tuna o nopal, la cual comienza en pesar la tara luego se le agrega una proporción de ceniza de tuna o nopal. A continuación, se lleva la muestra a una estufa eléctrica por 24h. Una vez seco la ceniza de tuna o nopal, se retira se deja enfriar para después tomar el peso de la tara con la ceniza de tuna o nopal seca.



## **Ensayo de concreto fresco llenado de probetas (Experimental 15%)**

### **Slump (ASTM CI43 / NTP 339.035)**

La muestra de concreto recién mezclado se coloca y compacta con una varilla metálica (chuceo) en un molde con forma de cono trunco (con medidas normalizadas). Se coloca en tres capas cada una con 25 golpes.

El molde se levanta y el concreto fluye. La distancia vertical entre la posición original (el tamaño del molde) y la desplazada producto del asentamiento del centro de la superficie superior del concreto es medida y registrada como el asentamiento del concreto

### **Peso unitario y contenido de aire (ASTM C128 / NTP 339.046)**

Se tomó una muestra representativa del concreto recién mezclada con una cuchara metálica se llenó un recipiente cilindro metálico con tres capas de igual espesor, sobrellenado ligeramente la última capa. Cada capa se compacto con 25 golpes de varilla, distribuyendo uniformemente las penetraciones en toda la sección del molde. Se compacto la capa inferior en todo su espesor, sin compactar en el fondo del recipiente con la barra compactada. De igual forma se compacto la segunda y tercera capa penetrando una pulgada aproximadamente (25 mm) en la capa anterior

Para evitar que las burbujas de aire queden atrapadas en el interior de la muestra, se golpeó firmemente los lados del molde de 10 a 15 veces con un mazo de caucho después de compactar cada capa se enraso el concreto sobrante utilizando la varilla metálica apoyada sobre el borde superior del recipiente, limpiando a su vez el exceso de mortero en dicho borde.

Finalmente se pesó el molde lleno de concreto para los cálculos respectivos.

### **Desencofrado y curado de cilindros de concreto**

Se ha utilizado probetas de 15cm de diámetro y 30 cm de altura, los moldes se limpiaron y se les coloco petróleo para su mejor manejo al momento de desencofrar.

Para cada ensayo se elaboraron 3 testigos para cada diseño según la norma ASTM C31 / NTP 339.033.

Una vez realizada la mezcla en donde se añadió la ceniza de tuna o nopal, se procedió a vaciarla en los moldes con las dimensiones antes indicadas, este vaciado se hizo en tres capas; la primera se vació hasta llegar a  $1/3$  del molde y se compacto con 25 golpes, posteriormente se vació la siguiente capa se compacto asegurándose que los golpes no llegaran a la primera capa, finalmente se añadió la tercera capa hasta rebosar el molde y se repitió el proceso de compactación para posteriormente enrasarlo. Se desencofro a las 24 horas de realizado los especímenes de concreto, los cuales fueron curados en una poza a temperatura  $23^{\circ}\text{C} \pm 2$  según norma ASTM C31 / NTO 339.183

### **Ensayo resistencia a la comprensión**

La resistencia a la comprensión se calcula a partir de la carga de ruptura dividida por el área de la sección que resiste a la carga se reporta en unidades de libra – fuerza por pulgada cuadrada (psi)

Luego se anota los datos para ser procesador

## I. RESULTADOS

Tabla 16: Características Físicas de los agregados gruesos, finos y con la sustitución de 15% de ceniza de tuna o nopal.

Materiales y ensayo	resultados
Procedencia del cemento	Pacasmayo
Tipo de cemento	1
P. Específico del cemento	2. 84gr/cm <sup>3</sup>
Agua	potable de la zona
P. Especifico de la masa de agregado fino	2.72 gr/cm <sup>3</sup>
Peso Unitario Seco Suelto de agregado fino	1566 kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Seco Compactado de agregado fino	1769kg/m <sup>3</sup>
Contenido de humedad de agregado fino	0.31%
Absorción de agregado fino	0.81%
Módulo de fineza de agregado fino	2.69
P. Especifico de la masa de agregado grueso	2.87 gr/cm <sup>3</sup>
Peso Unitario Seco Suelto de agregado grueso	1495 kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Seco Compactado de agregado grueso	1650 kg/m <sup>3</sup>
Contenido de humedad de agregado grueso	0.18%
Absorción de agregado grueso	0.24%
Tamaño máximo nominal del agregado grueso	3/4''

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos de la USP

## Análisis térmico por calorimetría diferencial de barrido DSC/ Análisis térmico Diferencial ATD.

### Análisis Termo gravimétrico (TGA)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO  
Departamento de Ingeniería de Materiales

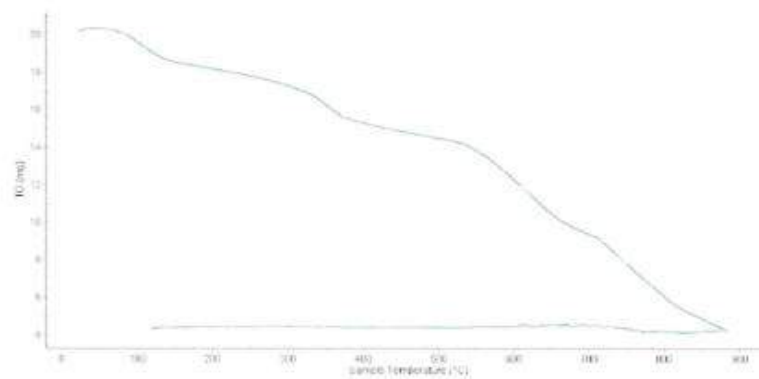
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Laboratorio de Polímeros

Trujillo, 27 de Octubre del 2017

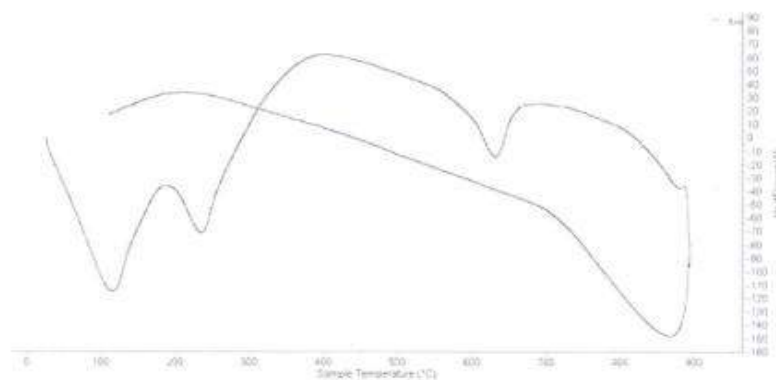
INFORME N° 107 - OCT 17

#### 4. Resultados:

##### I- Curva de pérdida de masa - Análisis Termo gravimétrico.



##### II- Curva Calorimétrica ATD



Tel.: 44-203510/949790886/918669025 [janshvez@gmail.com](mailto:janshvez@gmail.com) / Av. Juan Pablo II s/n - Ciudad Universitaria / Trujillo - Perú

**Fuente:** universidad nacional de Trujillo, laboratorio de polímeros

### **Análisis:**

Según el análisis Termo gravimétrico se muestra la pérdida de masa en función a la temperatura indicando una pérdida gradual a medida que se incrementa la temperatura, el material llega a perder un aproximado de 60% de masa, respecto a su masa inicial a la temperatura máxima de ensayo.

De acuerdo al análisis calorimétrico, la curva muestra una pequeña banda de absorción térmica a aproximadamente 100°C y a 250°C y posteriormente un ligeros picos endotérmico a 610°C y un pico de gran intensidad a 860°C lo que demuestra gran posibilidad de existir algún cambio estructural del material.

### **COMPOSICIÓN QUÍMICA DE CEMENTO PORTLAND TIPO I**

Tabla17: composición química del cemento portland tipo I

Elemento	% masa
Oxido de calcio	62
Dióxido de silicio	25
Oxido de aluminio	6
Oxido de fierro	3
Oxido de magnesio	3
Oxido de potasio	1

Fuente: tópico de tecnología Enrique pascal

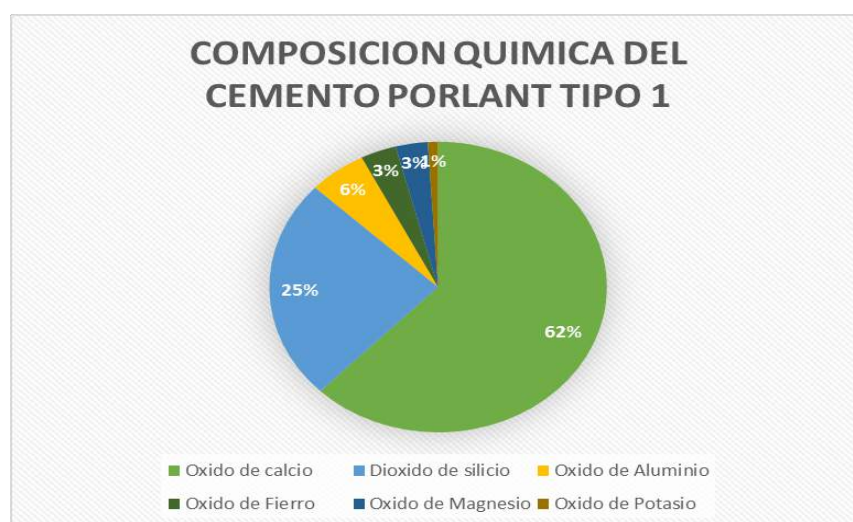


Figura 11. Composición química del cemento portland tipo I

Fuente: tópico de tecnología Enrique pascal

Tabla 18: Composición química de las cenizas de tuna o nopal – rayos X

COMPOSICION QUIMICA	RESULTADO (%)	METODO UTILIZADO
Oxido de potasio, (K <sub>2</sub> O)	23.479%	Espectrometría de Fluorescencia de Rayos x
Oxido de magnesio, (MgO)	18.272%	
Pentóxido de fosforo, (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	13.498%	
Oxido de calcio, (CaO)	12.547%	
Trióxido de aluminio, (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	7.508%	
Trióxido de hierro, (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	7.428%	
Trióxido de Azufre, (SO <sub>3</sub> )	6.589 %	
Dióxido de Silicio, (SiO <sub>2</sub> )	5.99 %	

Fuente: Resultados de composición química de las cenizas de tuna o nopal UNMS

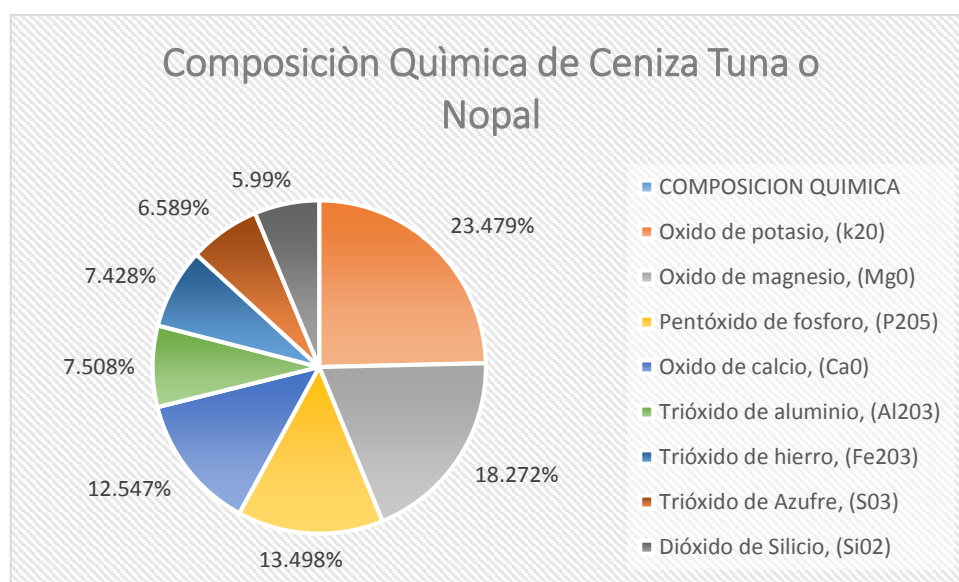


Figura 9: Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X

Fuente: Laboratorio de Arqueometría Universidad Nacional Mayor de San Marcos

### Análisis:

Con respecto al análisis de Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X, realizados en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, encontramos los siguientes óxidos en mayor porcentaje Oxido de Potasio (K<sub>2</sub>O), 23.479%, oxido de magnesio (MgO), 18.273 %, pentóxido de fosforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 13.498%, Oxido de Calcio (CaO), 12.547%, Oxido de silicio (SiO<sub>2</sub>), 5.997%, en bajos porcentajes lo cual no ayuda con la resistencia del concreto

Tabla 19: Dosificación para la mezcla de diseño patrón de concreto:

PROPORCION DE AGREGADOS	CANTIDAD	
CEMENTO TIPO I	299.708	Kg/m <sup>3</sup>
AGUA EFECTIVA	209.857	Its/m <sup>3</sup>
AGREGADO FINO	860.631	Kg/m <sup>3</sup>
AGREGADO GRUESO	1041.370	Kg/m <sup>3</sup>

Fuente: laboratorio de mecánica de suelos universidad san pedro

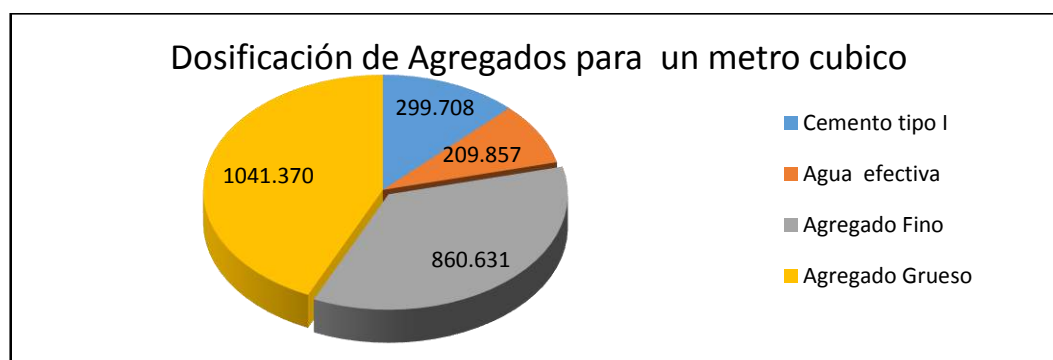


Figura 10: dosificación de agregados para un metro cúbico concreto patrón

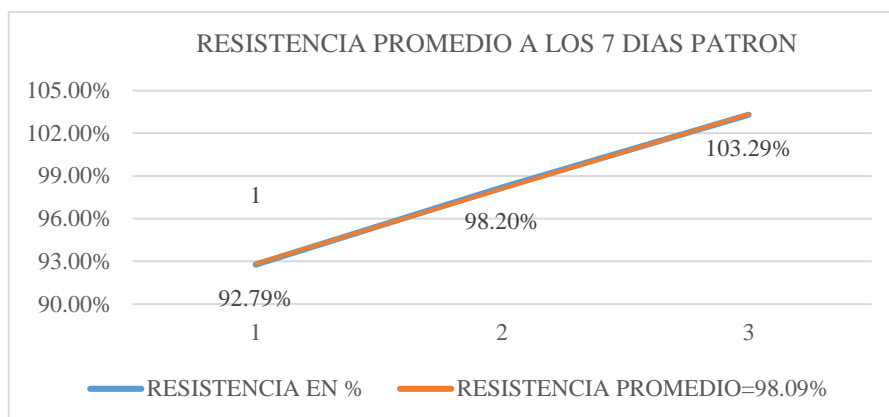
Fuente: elaboración propia 2018

Tabla 20: Datos de resistencia patrón

N° de muestra	N° Días (edades)	Peso	Diam. (ø)	Carga	Kg/Cm <sup>2</sup>	% Prom.
M1	7	13.70	15.25	35590	194.85	98.09
M2		13.80	15.20	37420	206.22	
M3		13.70	15.00	38330	216.90	
M4		13.60	15.20	42640	234.98	
M5	14	13.65	15.10	40980	228.84	108.33
M6	28	13.70	15.00	38640	218.66	
M7		13.75	15.10	48910	273.12	
M8		13.75	15.00	42080	238.12	
M9		13.70	15.00	46420	262.68	

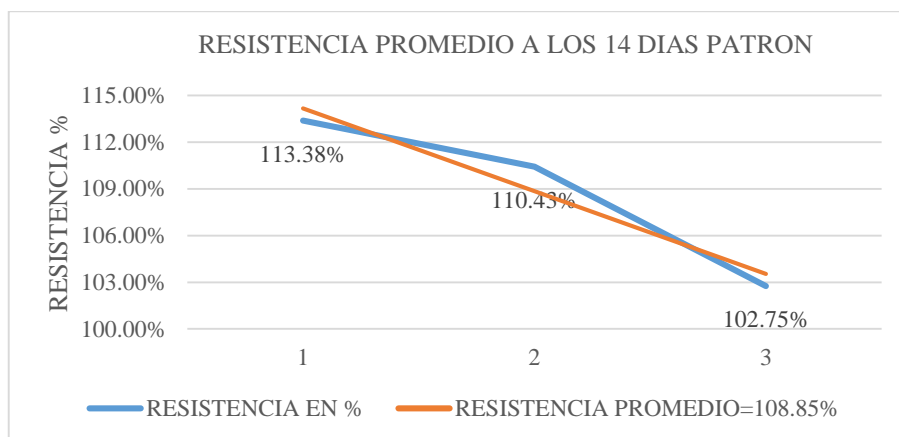
Fuente: laboratorio de mecánica de suelos de la universidad san pedro

Grafica 1: Resistencia a la compresión de probetas patrón, 7 días



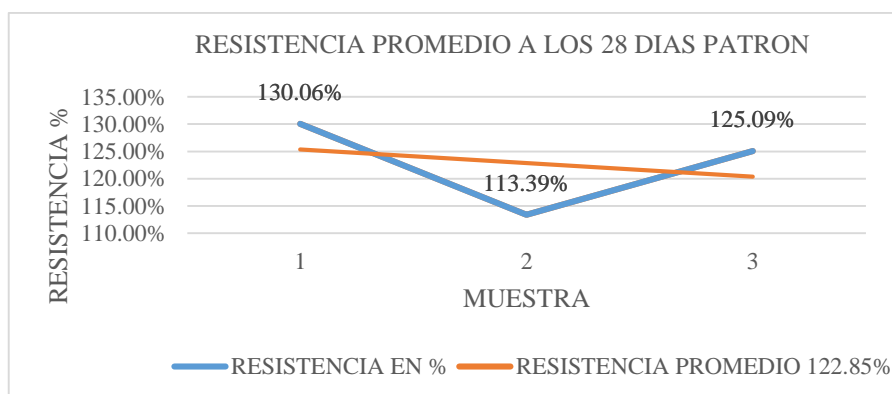
Fuente: elaboración propia, 2018

Grafica 2: Resistencia a la compresión de probetas patrón, 14 días



Fuente: elaboración propia, 2018

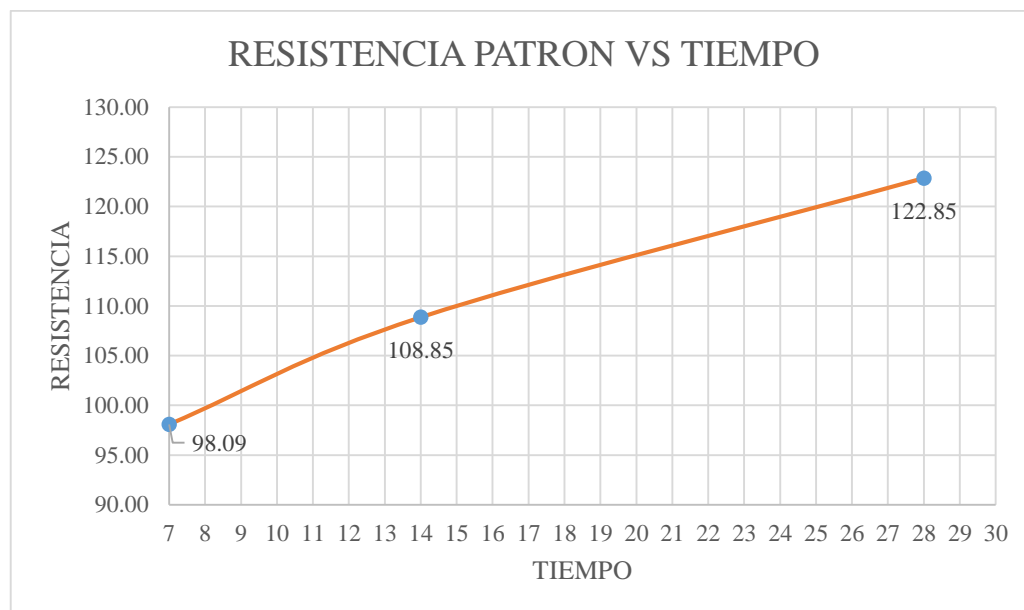
Grafica3: Resistencia a la compresión de probetas patrón, 28 días



Fuente: elaboración propia, 2018



Grafica 4: Resistencia a la compresión en 7,14 y 28 días



Fuente: elaboración propia 2018

### Interpretación:

De los resultados obtenidos de la prueba de compresión, se registra que a los 7 días se alcanzó una resistencia promedio 98.09%. Asimismo, podemos ver que los resultados registrados a los 14 y 28 días incremento a 108.85% y 122.85% respectivamente. Los datos obtenidos en los laboratorios de la Universidad San Pedro.

Tabla 21: Dosificación para la mezcla de diseño experimental de concreto

Proporciones de agregado	cantidad
85% Cemento tipo I	256,250 kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva	215,945 lt/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	837,962 kg/m <sup>3</sup>
15% ceniza de tuna o nopal	45,221 kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1041,370 kg/m <sup>3</sup>

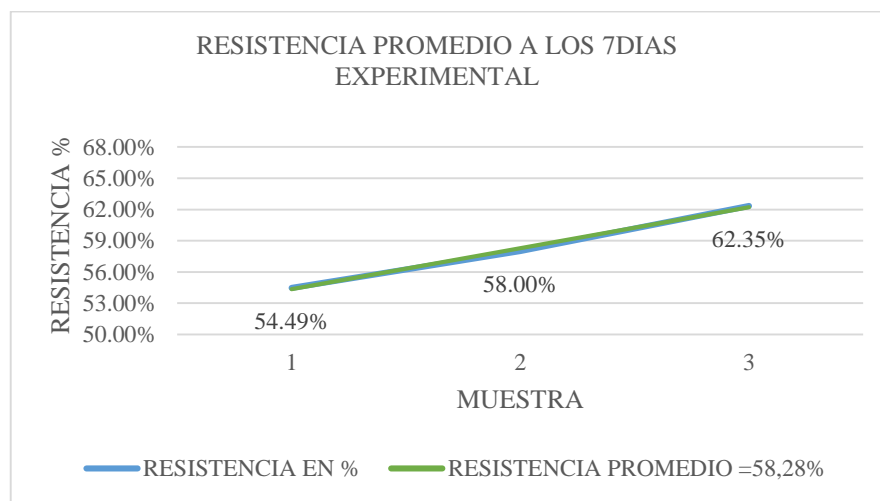
Fuente: elaboración propia 2018

Tabla 22: datos de resistencia a la compresión concreto experimental

Nº Días (edades)	Peso	Diam. (ø)	Carga	Kg/Cm2	Prom.
7	13,25	15,25	20900	114,42	58,28
	13,15	15,10	21810	121,79	
	13,25	15,00	23140	130,95	
	13,15	15,00	24230	137,11	
14	13,30	15,10	26820	149,77	67,61
	13,35	15,20	25230	139,04	
	13,25	15,10	27820	155,35	
	13,10	15,10	24770	138,32	
28	13,40	15,00	25470	144,13	69,49

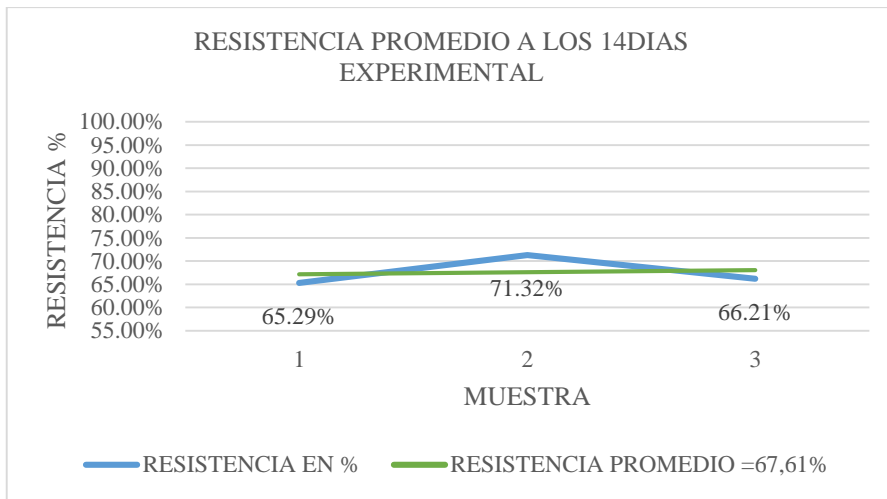
Fuente: laboratorio de mecánica de suelos universidad san pedro

Grafica 5: resistencia promedio a la compresión concreto experimental 7 días



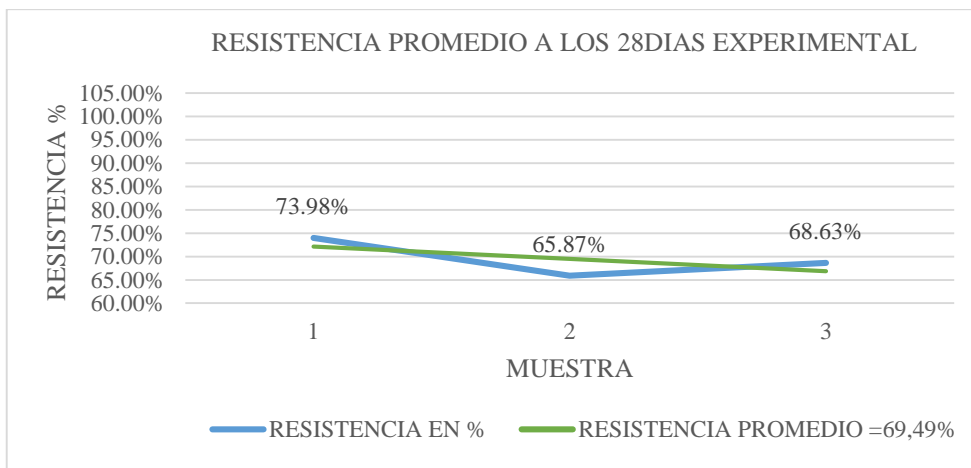
Fuente: elaboración propia

Grafica 6: resistencia promedio a la compresión concreto experimental 14 días



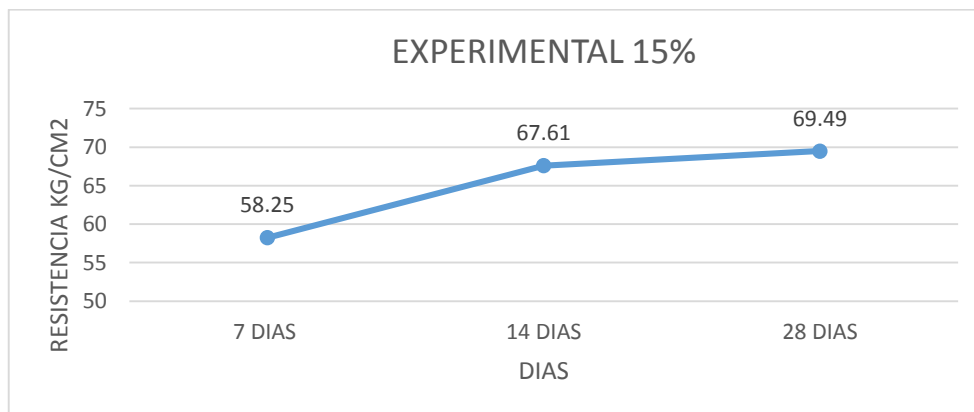
Fuente: elaboración propia

Grafica 7: resistencia promedio a la compresión concreto experimental 28 días



Fuente: elaboración propia

Grafica 8: resistencia promedio a la compresión concreto experimental 7, 14 y 28 días



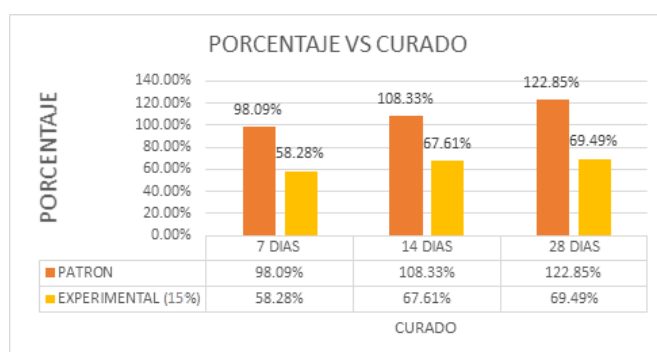
Fuente: elaboración propia

Tabla 23: comparación de resistencias concreto patrón y experimental

dia	PATRON f'c/f'c (%) prom	EXPERIMENTAL f'c/f'c (%) prom	AUMENTO DE RESISTENCIA (%)
7	75,42	58,28	-17,14
14	93,68	67,61	-26,07
28	101,98	69,49	-32,49

Fuente: elaboración propia

Grafica 9: comparación de resistencia a la compresión concreto patrón y experimental



Fuente: elaboración propia

### Interpretación:

De los resultados obtenidos de la prueba de compresión, se registra que a los 7 días se alcanzó una resistencia promedio 58.28%. Asimismo, podemos ver que los resultados registrados a los 14 y 28 días es 67.61% y 69.49% respectivamente. Los cuales no superaron al patrón

### Análisis estadísticos

Tabla 24: Resistencias a la compresión de las probetas de concreto con una sustitución del cemento por un porcentaje 15% de ceniza de tuna o nopal, según días de curado.

Días de curado	Resistencia de concreto con sustitución de cemento ceniza de tuna o nopal	
	Patrón	15%
7	205,99	122,38
14	227,49	141,97
28	257,97	145,93

Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio de la USP

En la tabla 24 se puede apreciar que las resistencias a la compresión de las probetas son mayores a los 28 días de curado y menores resistencias de presenta a los 7 días de curado.

Después de verificar el cumplimiento de los supuestos de normalidad con Shapiro – Wilk ( $p > 0.05$  para el patrón y el experimental) y homogeneidad de varianzas (Contraste de Levene, con  $p = 0.344$  y  $p > 0.05$ ) de las resistencias medias obtenidas en las probetas para cada tratamiento (sustitución de cemento por ceniza de tuna o nopal) se procedió a realizar la prueba ANOVA

Tabla 25: Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de las resistencias a la compresión de las probetas.

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Sustitución de cemento	13176,095	1	13176,095	104,350	0,009
Días de curado	1429,880	2	714,940	5,662	0,150
Error	252,537	2	126,269		
Total	14858.512	5			

Fuente: Resultados de las ensayos del laboratorio de la USP

En la tabla 25 se puede visualizar que para la sustitución de cemento por ceniza de tuna o nopal se tiene el  $p\text{-value} < \alpha$  ( $0.009 < 0.05$ ) entonces podemos decir que los datos muestran suficientes evidencias para rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ : Resistencias medias iguales). Por lo que podemos concluir que con nivel de 5% de significancia las resistencias medias en kg/cm<sup>2</sup> logradas en las probetas, con sustitución del cemento por ceniza de tuna o nopal (Patrón y 15%) son diferentes.

También se tienen que para los días de curado  $p\text{-value} > \alpha$  ( $0.150 > 0.05$ ) entonces podemos decir que las resistencias medias de las probetas no son significativamente diferentes a consecuencias de los días de curado.

## II. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Se presenta la discusión de los resultados obtenidos de la investigación realizada, Con respecto al ensayo de Análisis Térmico Diferencial, nos muestra en el gráfico de curva calorimétrica (ver anexo) que nuestro material pasa por dos etapas, la primera etapa empieza a los 100°C con la pérdida de un porcentaje de agua, a partir de ahí se sube la temperatura a 900°C donde se produce la eliminación del material volátil en la muestra, en la primera fase del análisis se realizó a los 100°C a 250°C donde se produce la degradación o combustión del material formándose dos picos endotérmicos leves, y posteriormente dos ligeros picos endotérmico a 610°C y un pico de gran intensidad a los 860°C. Teniendo en cuenta lo antes mencionado la temperatura ideal de calcinación de las cenizas de hojas de tuna de nopal es de 600°C por un espacio de 2 horas.

Del mismo modo al realizar el análisis de composición química, comparamos los resultados obtenidos de los dos análisis que se realizó obteniendo los siguientes resultados: El método de Espectrometría de Fluorescencia de rayos X, registran los componentes químicos de porcentaje Oxido de Potasio ( $K_2O$ ), 23.479%, oxido de magnesio ( $MgO$ ), 18.273 %, pentóxido de fosforo ( $P_2O_5$ ), 13.498%, Oxido de Calcio ( $CaO$ ), 12.547%, Oxido de silicio ( $SiO_2$ ), 5.997% Con esto confirmamos que el método de Espectrometría de Fluorescencia de rayos X, nos arroja bajos porcentajes lo cual no ayuda con la resistencia del concreto

Se puede observar que en la composición química de las cenizas de tuna o nopal el Óxido de Calcio ( $CaO$ ) 12.547% lo encontramos en menor porcentaje lo cual influye negativamente en el concreto ya que no tienen importancia en el calor de la hidratación del concreto, El Óxido de silicio ( $SiO_2$ ) 5.997% es un compuesto de hidratación lenta que proporciona una ganancia gradual de resistencia en no participa prácticamente a las resistencias mecánicas; esto ocurre en un período largo después de 28 días. ,Tiróxido de Hierro, ( $Fe_2O_3$ ) 7.428%, trae problemas de expansión, el volumen del concreto incrementa produciendo rajaduras y disminuyendo así la

resistencia a largo plazo. Mientras que el Óxido de Magnesio (MgO) 18.273% Cuando es superior al 5% en el Clinker, el cemento puede ser ya expansivo, en pequeñas proporciones no reacciona quedándose como tal MgO, este óxido reacciona con el agua con un importante retraso incluso de meses con respecto al fraguado y endurecimiento, da lugar a un importante aumento de volumen y generación de calor produciendo la expansión o rotura del concreto.

Con respecto al ensayo de compresión, al incorporar la sustitución del 15% de ceniza de tuna o nopal, se obtiene una resistencia a la compresión inferior a la del patrón tanto en los 7, 14 y 28 días, teniendo como resultados 58.28%, 67.61% respectivamente. Debido a que los óxidos que presentó la Tuna o Nopal estaban en bajos porcentajes

La relación agua cemento utilizada para realizar el diseño de mezcla de la probeta patrón fue de  $a/c=0.684$ , para el diseño de mezcla de la sustitución con la ceniza de Tuna o nopal al 15 % fue  $a/c = 0.716$ .



### **III. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **CONCLUSIONES**

No se cumple con la hipótesis planteada en la sustitución del cemento por la ceniza de tuna o nopal es decir la adición del 15% de cenizas disminuye hasta un 32.49% la resistencia de compresión axial del concreto ( $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ).

Se realizó la activación de ceniza de tuna o nopal a  $600^\circ$  por 2 horas.

Gracias a su componente de PH que mantiene su porcentaje en el (rango de 12ph a 13ph) protegen al acero de refuerzo ahogado contra la corrosión.

Con respecto a los ensayos de compresión realizados, llegamos a la conclusión que no podemos sustituir el cemento por ceniza de tuna o nopal en un porcentaje de 15% ya que la resistencia a la compresión disminuye notablemente.

Las cenizas de tuna o nopal no desarrollan un material cementante ya que los componentes que se encontró en el análisis químico ( $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ) que son componentes principales del cemento no superan el 70% a 80% de composición química del cemento según ASTM.

#### **IV. RECOMENDACIONES**

Evaluar el desempeño del concreto en distintas zonas climáticas del país.

Controlar las características de los agregados utilizados en la fabricación del concreto, pues son un factor muy influyente en el comportamiento del concreto.

Seleccionar una parte de la tuna o nopal (corteza, hoja, etc.), para realizar estudio en específico.

Se recomienda verificar la composición química de las futuras investigaciones, realizar un análisis de los principales componentes encontrados para determinar si favorece o desfavorece al concreto

## **V. AGRADECIMIENTOS**

A Dios:

Por darme la vida, por guiar mis pasos, por haberme dado una familia hermosa y poner buenos amigos en mí camino y haberme permitido alcanzar esta meta.

A mis Padres:

Por su amor incondicional, por sus consejos, su apoyo, disciplina y todo el sacrificio que realizaron para forjarme. Los amo y agradezco mucho.

A mis hermanos y familiares

Por estar siempre conmigo en todo momento, gracias por estar ahí alegrando mi vida y llenando de felicidad y por todo su apoyo en mi carrera.

A la universidad San Pedro

Por mi formación profesional y apoyo de todos los técnicos de laboratorio

A mi Asesor

A mi Asesor de tesis, Ing. Castañeda Gamboa Rogelio por su esfuerzo y dedicación, quien, con sus conocimientos, experiencia, visión crítica, consejos, paciencia y motivación ha logrado que pudiese terminar con éxito el presente proyecto.

Vera Mostacero Tania Yannina.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACI (1981). Manual of Concrete of Practice. American Concrete Institute.

Bravo, H. (1978). “principales productores de tuna o nopal” recuperada [https://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lia/rodriguez\\_m\\_v/capitulo4.pdf](https://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lia/rodriguez_m_v/capitulo4.pdf)

Briton, R. (1963). “principales productores de tuna o nopal” recuperada <https://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/71/nverdura.htm>

Cárdenas, A. & Arguelles, W. & Goycolea, F. (1998). “On the Possible Role of Opuntia ficus indica mucilage in lime mortar performance in the protection of historical Buildings, 1-8.”

Contreras, B. (2013). “Efecto del mucilago de nopal en la resistencia del cemento CPC-30R”. México articulo derivado del proyecto de investigación de la determinación de la eficiencia del nopal universidad de sucre

Chandra, E. & Klund, L. & Villarreal, R. (1998). “Use of Cactus in Mortars and Concrete, Cement and Concrete Research, Vol.28, No.1., pp. 41-51.” Recuperado <https://onlinelibrary.wiley.com/.../%28SICI%291521-4079%2819>

Duran, H. (2012). “mucielago de nopal como reductor de retracción en concreto autonsolidable” ,tesis para optar el titulo de Ing. civil, universidad autónoma de nuevo león México

Gonzales, M. (1962). Tecnología del concreto diseño de mezclas. Lima, Perú. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/.../Libro-Diseno-y-control-de-mezclas-de-concreto-PCA-1>

Guzman, M. (2001). agregados y su granulometría natural. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/226742798/Agregados-Informe-Final>

Hernández, S. & Serrano, G. (2003). “Use of nopal in the construction industry. Proceedings IX Mexican and VII International Congress on Knowledge and Use of Nopal, 2003, 286.”

Jara, F. (2016). Influencia en la resistencia del concreto al incorporar parcialmente ceniza de cascara de arroz por cemento portland. Recuperado de <https://www.scribd.com/document/359869308/Pacheco-Cruzado-German-Agustin-pdf>

Martínez, M. & Morales, E. & Alonso, E. & Bedolla Arroyo, J. A. (2004). Las adiciones de cactus opuntia blanco y su efecto sobre los morteros de albañilería elaborados con cal. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México.

Marrufo, J. (2015). Influencia en la resistencia del concreto al incorporar parcialmente cenizas de cascara de arroz por cemento Portland. <https://www.scribd.com/document/.../Tesis-2015-2-Carrion-Becerra-Kevin-do>

MTC E 701-2000. Norma de ministerio de transporte y comunicaciones <https://www.mtc.gob.pe/proveedor.html>

NTP. (2002). “agua potable” <https://www.inacal.gob.pe/repositorioaps/data/1/1/.../E-ALERTA%20RD%20051.pdf>

NTC. (1362). Cemento Portland Blanco <https://es.scribd.com/document/352123900/NTC-1362-Cemento-Blanco>

NRMCA (2015) Concreto en la Práctica– Publicación electrónica <http://www.nrmca.org/aboutconcrete/cips/CIP35es.pdf>

NTP 339.183 Practica Normalizada para Elaboración y curado de especímenes de concreto en Laboratorio

NTP 339.033 curados de cemento

<https://www.yumpu.com/es/document/view/58231644/ntp-339033>

NTP 400.037 agregado fino <https://es.scribd.com/document/372901325/NTP-339-183-2013-pdf>

Rivva, E. (2007). “Tecnología del Concreto. Diseño de mezclas. Segunda Edición.”

Reyes, J. & Gutiérrez, M. (2010). La manejabilidad está representada por el grado de compacidad, cohesividad, plasticidad y consistencia. Bucaramanga, Colombia.

RNE 2006, Reglamento Nacional de Edificaciones

Rodríguez, Y. (2007). Deshidratación del nopal opuntia ficus y sus propiedades.  
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/32768/41988>

Standard Specification for steel Fiber – Reinforced Concrete. ASTM A 820 International.

Standard Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete. C 143 – 90 a - ASTM International.

Standard Test Method for Specific Gravity and Absorption of Coarse Aggregate. C 127- 93 - ASTM International.

Standard Test Method for Specific Gravity and Absorption of Fine Aggregate. C 128- 93 - ASTM International.

Standard Test Method for Temperature of Freshly Mixed Hydraulic -cement concrete C 1064- 93 - ASTM International.

Standard Test Method for Unit Weight and Voids in Aggregate. C 29/C 29 M - 91- ASTM International.

Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens C 39 – 94 - ASTM International.

Standard Specification for Concrete Aggregates C 33 - 07- ASTM International.

Standard Test Method for Density (unit weight), Yield and Air Content (gravimetric) of Concrete C 138 – 92 - ASTM International.

Standard Test Method for Organic Impurities in Fine Aggregates. C 40 – 92 - ASTM International.

Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine. C 131 - 97- ASTM International.

Standard Test Method for sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates. C 136 – 93 - ASTM International.

Torres, C. (2010). “mejora en la durabilidad de materiales base cemento utilizando adiciones deshidratadas de os cactáceas”

<https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt326.pdf>

Valencia, P. & Quintana, C. (2016). “inclusión y reutilización de la ceniza de tuna o nopal” [https://issuu.com/.../docs/libro\\_edaly\\_final\\_internet-digital\\_\\_d0262999ac792f](https://issuu.com/.../docs/libro_edaly_final_internet-digital__d0262999ac792f)

Vásquez. V. (2015). Comparación de la resistencia a la compresión del concreto  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> patrón y concreto con adición de agua en diferentes porcentajes. [https://issuu.com/.../docs/libro\\_edaly\\_final\\_internet-digital\\_\\_d0262999ac792f](https://issuu.com/.../docs/libro_edaly_final_internet-digital__d0262999ac792f)

## VII. APENDICE Y ANEXOS

Anexo 1: Análisis pH de ceniza de tuna o nopal, cemento y sustitución al 15%

  
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO**  
Facultad de Ingeniería  
Departamento Académico de Ingeniería de Minas y Metalúrgica

---

**INFORME DE LABORATORIO DE PROCESAMIENTO DE  
MINERALES**

Señor (a):  
**VERA MOSTACERO TANIA YANNINA**  
Tesisista del proyecto de investigación

Proyecto de investigación:  
**RESISTENCIA DEL CONCRETO  $F'_{C}=210 \text{ KG/CM}^2$  CON SUSTITUCIÓN DE  
CEMENTO EN 15% POR CENIZAS DE TUNA "NOPAL"**

Asunto:  
Medición de pH de la ceniza de tuna "Nopal"

Fecha:  
27 de octubre del 2017

Medición de pH:  
Esta prueba dio como resultado un pH de 12.3



  
**Ing. Juan Vega González**  
ANALISTA RESPONSABLE  
CIP 78075

---

Av. Juan Pablo II s/n – Teléfono: (044) – 208295  
(Ciudad Universitaria)

www.unitru.edu.pe  
dptoimm\_unt@yahoo.es





## UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

Facultad de Ingeniería

Departamento Académico de Ingeniería de Minas y Metalúrgica

### INFORME DE LABORATORIO DE PROCESAMIENTO DE MINERALES

Señor (a):

**VERA MOSTACERO TANIA YANNINA**

Tesista del proyecto de investigación

Proyecto de investigación:

**RESISTENCIA DEL CONCRETO  $FC = 210 \text{ KG/CM}^2$  CON SUSTITUCION DE CEMENTO EN 15% POR CENIZAS DE TUNA O NOPAL**

Asunto:

Medición de ph de la combinación de muestra en 85% cemento y un 15% De cenizas de Tuna o Nopal

Fecha:

27 de octubre del 2017

Medición de ph:

Esta prueba dio como resultado un ph de 12.1



  
**Ing. Juan Vega González**  
ANALISTA RESPONSABLE  
OIR 19915

Av. Juan Pablo II s/n – Teléfono: (044) – 208295  
(Ciudad Universitaria)

[www.unitru.edu.pe](http://www.unitru.edu.pe)  
[dptoimm\\_unt@yahoo.es](mailto:dptoimm_unt@yahoo.es)



## UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

Facultad de Ingeniería

Departamento Académico de Ingeniería de Minas y Metalúrgica

### INFORME DE LABORATORIO DE PROCESAMIENTO DE MINERALES

Señor (a):

VERA MOSTACERO TANIA YANNINA

Tesista del proyecto de investigación

Proyecto de investigación:

RESISTENCIA DEL CONCRETO  $F'_{C}=210 \text{ KG/CM}^2$  CON SUSTITUCIÓN DE  
CEMENTO EN 15% POR CENIZAS DE TUNA "NOPAL"

Asunto:

Medición de cemento Portland tipo 1

Fecha:

27 de octubre del 2017

Medición de ph:

Esta prueba dio como resultado un ph de 12.5



  
Ing. Juan Vega González  
ANALISTA RESPONSABLE  
CIP 79615

Anexo 2: Análisis de laboratorio UNT calcinación ceniza de hojas de tuna o nopal



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO**

**Facultad de Ingeniería**

**Departamento Académico de Ingeniería de Minas y Metalúrgica**

**INFORME DE LABORATORIO DE PROCESAMIENTO DE  
MINERALES**

**Señor (a):**

**VERA MOSTACERO TANIA YANNINA**

Tesista del proyecto de investigación

**Proyecto de investigación:**

**RESISTENCIA DEL CONCRETO  $f_c=210\text{KG/CM}^2$  CON SUSTITUCION DE  
CEMENTO EN 15% POR CENIZA DE TUNA "NOPAL"**

**Asunto:**

Resultados del proceso de calcinación de muestra de cenizas.

**Fecha:**

27 de octubre del 2017

Señor (a) tesista por medio de la presente se le alcanza el tipo del proceso de calcinación realizado a las cenizas alcanzadas por usted.

**Proceso de calcinación:**

Se realizó utilizando un horno eléctrico tipo mufla de 7.5 KW automático de 0 a 1200°C. Se agregó las cenizas en una caja metálica y se introdujo al horno. Se calentó a 600°C por espacio de 2 horas y enfriamiento al aire.



  
**Ing. Juan Vega González**  
ANALISTA RESPONSABLE  
CIV 70515

Av. Juan Pablo II s/n – Teléfono: (044) – 208295  
(Ciudad Universitaria)

[www.unitru.edu.pe](http://www.unitru.edu.pe)  
[dptoimm\\_unt@yahoo.es](mailto:dptoimm_unt@yahoo.es)



Trujillo, 27 de Octubre del 2017

**INFORME N° 107 - OCT 17**

**Solicitante:** Tania Yannina Vera Mostacero - Universidad San Pedro

**RUC/DNI:** -----

**Supervisor:** .....

**1. MUESTRA:** Cenizas de tuna "Nopal" (1 gr)

N° de Muestra	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	HCM-67M	20 mg	Cajamarca

**2. ENSAYOS A APLICAR**

- Análisis térmico por calorimetría diferencial de barrido DSC/ Análisis térmico Diferencial DTA.
- Análisis Termogravimétrico TGA.

**3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES**

- Analizador Térmico simultáneo TG DTA DSC Cap. Máx.: 1600°C SetSys Evolution, cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- Tasa de calentamiento: 20 °C/min
- Gas de Trabajo - Flujo: Nitrógeno, 10 ml/min
- Rango de Trabajo: 25 – 900 °C.
- Masa de muestra analizada: 20 mg.

**Jefe de Laboratorio:**  
**Analista responsable:**

Ing. Danny Chávez Novoa  
Ing. Danny Chávez Novoa

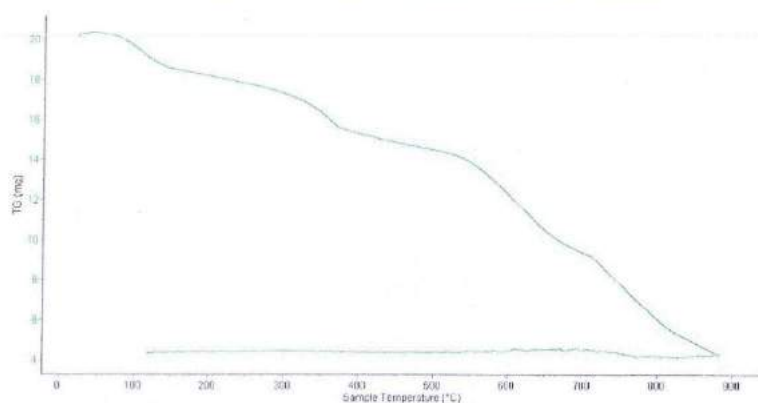


Trujillo, 27 de Octubre del 2017

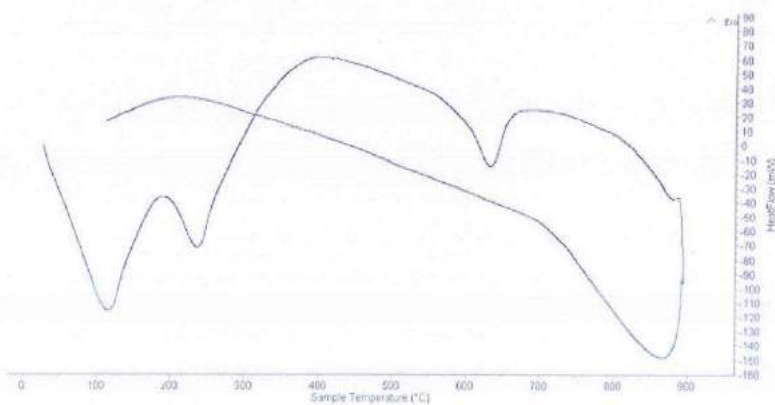
INFORME N° 107 - OCT 17

#### 4. Resultados:

##### I- Curva de pérdida de masa - Análisis Termo gravimétrico.



##### II- Curva Calorimétrica ATD





Trujillo, 27 de Octubre del 2017


**INFORME N° 107 - OCT 17**

**5. CONCLUSION:**

1. Según el análisis Termo gravimétrico se muestra la pérdida de masa en función a la temperatura indicando una pérdida gradual a medida que se incrementa la temperatura, el material llega a perder un aproximado de 60 % de masa, respecto a su masa inicial a la temperatura máxima de ensayo.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, la curva muestra una pequeña banda de absorción térmica a aproximadamente 100°C y a 250°C y posteriormente dos ligeros picos endotérmico a 610°C y un pico de gran intensidad a los 860°C lo que demuestra gran posibilidad de existir algún cambio estructural del material.

Trujillo, 27 de Octubre del 2017



  
Ing. Danny Mesías Chávez Novoa  
Jefe de Laboratorio de Polímeros  
Departamento Ingeniería de Materiales – UNT



### Anexo 3: composición química de la ceniza de tuna o nopal



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú. Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

Laboratorio de Arqueometría

Informe N° 95-LAQ/2017

**Análisis de una muestra de cenizas de tuna o nopal por FRXDE**

#### **Introducción:**

Se analizó por fluorescencia de rayos- X dispersiva en energía (FRXDE) una muestra de Cenizas de tuna o nopal a pedido de la Srta. Vera Mostacero, Tania Yanina, egresada de la Universidad San Pedro, sede Chimbote, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

**“Resistencia del concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  con sustitución de cemento en 15% por ceniza de tuna o nopal”**

La muestra está en forma de ceniza de color blanquizca

#### **Arreglo experimental.**

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que opero a un voltaje de 30 KV y una corriente de  $10\mu\text{A}$ . Los espectrómetros se acumularon durante un intervalo neto de 350 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de  $45^\circ$ , distancia muestra a fuente de rayos - x de 0.0025 cm y distancia de muestra a detector de 2cm aprox. La cual dependió de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue alrededor de 9589 cts./s.

Esta técnica permite detectar la presencia de elementos químicos de números Z igual o mayor que 13 mediante la detección de los rayos-X característicos que emiten los átomos. La energía de estos rayos-X característicos aumentan con el valor de Z y pueden ser detectados siempre y cuando posean suficiente energía para poder penetrar la ventana del detector. Por esta limitación los picos de MG (Z-12) no pueden ser registrados en el espectro.

La fuente de rayos-X utiliza emite rayos-X en dos componentes un espectro con una distribución continua de 0 a 30 keV, y al otra que contiene los rayos-X característico del tipo L y M de oro

que se producen por el bombardeo del ánodo por electrones energéticos como consecuencia de esto, los espectros de FRXDE poseen tres componentes principales : una componente continua

Fuente: Laboratorio de Arqueometría Universidad Nacional Mayor de San Marcos



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
(Universidad del Perú. Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS  
Laboratorio de Arqueometría

que es consecuencia de la dispersión por la muestra de los rayos-X de la componente continua de la fuente, un espectro discreto producido por la dispersión en la muestra de rayos-X característico de oro de la fuente, y el espectro discreto de los rayos-X característicos emitidos por la muestra de acuerdo a los elementos que contiene.

La presencia en el espectro de los rayos-X de oro dispersados por la muestra interfiere con la detección de los rayos-X característicos de elementos como germanio y selenio a menos que se encuentren en altas concentraciones.

El análisis elemental de la muestra se hace primero de manera cualitativa para identificar la presencia de elementos en la muestra. Para el análisis cuantitativo se utiliza un programa que se basa en el método de parámetros fundamentales y simula todo el arreglo experimental incluyendo: composición elemental de la muestra, geometría experimental, distribución espectral de los rayos-X que emite la fuente y su interacción con la muestra y el proceso de detección. En esta etapa se puede identificar la presencia de picos de rayos-X característicos que pudieron haber pasado inadvertidos en la parte cualitativa por superponerse a picos más intensos. Este programa se calibra usando una muestra de referencia certificada denominada "Suelo de San Joaquín" adquirida de la NIST.

#### Resultados.

En la figura 1 se muestra el espectro de FRXDE de esta muestra de cenizas de tuna o nopal la línea roja representa el espectro experimental y la línea azul el espectro calculado. Cubre el intervalo de energías de 1 a 18 keV que es el intervalo de interés en este estudio. En el espectro se puede observar la presencia del pico de argón, que es un gas inerte presente en el aire que respiramos.

La tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los elementos presentes en la muestra la presencia de Ca, Si, P, K puede estar asociado parcialmente a sus respectivos óxidos.

Para mayor detalle de la composición mineralógica de la muestra se sugiere que sea analizada por difracción de rayos-X





UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
(Universidad del Perú. Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS  
Laboratorio de Arqueometría

Tabla 1: Composición de elementos de la ceniza de tuna o nopal en % de masa

Elemento	% masa
K	23.479%
Mg	18.273%
P	13.498%
Ca	12.547%
Al	7.508%
Fe	7.428%
S	6.589%
Si	5.997%
Sub Total	95.319%
Otros	4.681%
Total	100%

La suma en términos de contenido de elementos es algo menor que 100% indicando que la muestra puede contener elementos de Na y/o M que esta técnica no puede detectar.

Fuente: Laboratorio de Arqueometría Universidad Nacional Mayor de San Marcos



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS  
Laboratorio de Arqueometría

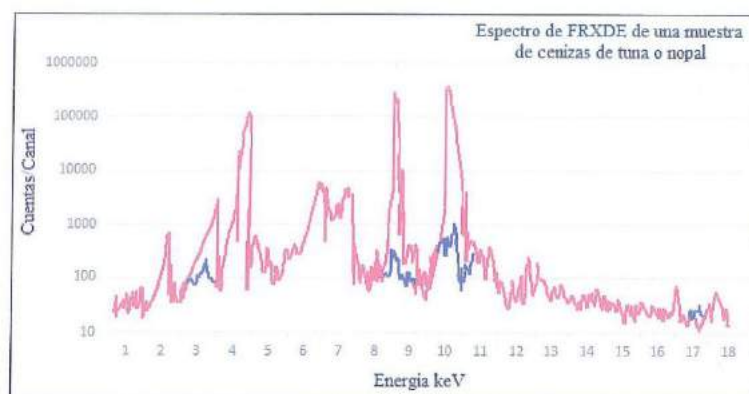


Figura 1: espectro de FRXDE de una muestra de cenizas de tuna o nopal es escala semi logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado.

Investigador responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabreios


Laboratorio de Arqueometría



Lima 6 de diciembre del 2017

Fuente: Laboratorio de Arqueometría Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Anexo 4: Diseño de Mezcla por el Método del ACI para una Resistencia  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> (Convencional)



**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**DISEÑO DE MEZCLA**

SOLICITA : BACH: TANIA YANNINA VERA MOSTACERO  
 TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO  $f'_c = 210$  KG/CM<sup>2</sup> CON SUSTITUCION DE CEMENTO EN 15%  
           POR CENIZA DE TUNA O NOPAL  
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
 FECHA : 22/02/2018

**ESPECIFICACIONES**  
 - La selección de las proporciones se hará empleando el metodo del ACI  
 - La resistencia en compresión de diseño especificada es de 210 kg/cm<sup>2</sup>, a los 28 días.

**MATERIALES**

A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso específico ..... 3.08

B.- Agua :


- Potable, de la zona.

C.-Agregado Fino : **CANTERA : RUBEN**

- Peso específico de masa ..... 2.72
- Peso unitario suelto ..... 1566 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado ..... 1769 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad ..... 0.31 %
- Absorción ..... 0.81 %
- Módulo de fineza ..... 2.69

D.- Agregado grueso **CANTERA : RUBEN**

- Piedra, perfil angular ..... 3/4"
- Tamaño Máximo Nominal ..... 2.87
- Peso específico de masa ..... 1495 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario suelto ..... 1650 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad ..... 0.18 %
- Absorción ..... 0.24 %



[www.usanpedro.edu.pe](http://www.usanpedro.edu.pe)

Ciudad Universitaria : Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote  
 Tel: (043) 323505 - 320150 - 329486 Anexo 208  
 Email: [imsyem@usanpedro.edu.pe](mailto:imsyem@usanpedro.edu.pe)

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelo Universidad San Pedro - Chimbote



## UNIVERSIDAD SAN PEDRO

### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

#### SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4" .

#### VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4" , sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 3/4", el volumen unitario de agua es de 205 lt/m<sup>3</sup>.

#### RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

#### FACTOR DE CEMENTO

F.C. :  $205 / 0.684 = 299.71 \text{ kg/m}^3 = 7.05 \text{ bolsas / m}^3$

#### VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS

Cemento.....	299.708 kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva.....	209.857 lts/m <sup>3</sup>
Agregado fino.....	860.631 kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso.....	1041.370 kg/m <sup>3</sup>

#### PROPORCIONES EN PESO

$$\frac{299.71}{299.71} : \frac{860.631}{299.71} : \frac{1041.37}{299.71}$$

1 : 2.86 : 3.45 : 29.59 lts / bolsa

#### PROPORCIONES EN VOLUMEN

1 : 2.73 : 3.46 : 29.59 lts / bolsa




UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
*Jorge Montañez Reyes*  
Ing. Jorge Montañez Reyes  
JEFE


[www.usanpedro.edu.pe](http://www.usanpedro.edu.pe)

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote  
Tel.: (043) 323505 - 326150 - 329486 Anexo 208  
Email: [lmseyem@usanpedro.edu.pe](mailto:lmseyem@usanpedro.edu.pe)

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelo Universidad San Pedro - Chimbote

## Diseño de mezcla experimental

	
<b>UNIVERSIDAD SAN PEDRO</b>	
<b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES</b>	
<b>DISEÑO DE MEZCLA</b>	
( 15% SUSTITUCION DEL CEMENTO)	
SOLICITA :	BACH. TANIA YANNINA VERA MOSTACERO
TESIS :	RESISTENCIA DEL CONCRETO FC = 210 KG/CM <sup>2</sup> CON SUSTITUCION DE CEMENTO EN 15% POR CENIZA DE TUNA O NOPAL
LUGAR :	CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
FECHA :	22/02/2018
 <b>ESPECIFICACIONES</b>	
- La selección de las proporciones se hará empleando el metodo del ACI	
- La resistencia en compresión de diseño promedic 210 kg/cm <sup>2</sup> , a los 28 días.	
 <b>MATERIALES</b>	
A.- Cemento + 15% DE CENIZA DE TUNA :	
- Tipo I "Pacasmayo"	
- Peso específico .....	2.84
B.- Agua :	
- Potable, de la zona.	
C.- Agregado Fino :	<b>CANTERA : RUBEN</b>
- Peso específico de masa	2.72
- Peso unitario suelto	1566 kg/m <sup>3</sup>
- Peso unitario compactado	1769 kg/m <sup>3</sup>
- Contenido de humedad	0.31 %
- Absorción	0.81 %
- Módulo de fineza	2.69
D.- Agregado grueso	<b>CANTERA : RUBEN</b>
- Piedra, perfil angular	
- Tamaño Máximo Nominal	3/4"
- Peso específico de masa	2.87
- Peso unitario suelto	1495 kg/m <sup>3</sup>
- Peso unitario compactado	1650 kg/m <sup>3</sup>
- Contenido de humedad	0.18 %
- Absorción	0.24 %



[www.usanpedro.edu.pe](http://www.usanpedro.edu.pe)

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B.5/n - Chimbote  
Telf. (043) 323505- 326150 - 329486 Anexo 208  
Email: [imsyem@usanpedro.edu.pe](mailto:imsyem@usanpedro.edu.pe)

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelo Universidad San Pedro - Chimbote





## UNIVERSIDAD SAN PEDRO

### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

#### SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4".

#### VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4", sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 3/4", el volumen unitario de agua es de 205 l/m<sup>3</sup>.

#### RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.716

#### VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento.....	(m <sup>3</sup> )	0.090
15% DE CENIZA DE TUNA .....	(m <sup>3</sup> )	0.016
Agua efectiva.....	(m <sup>3</sup> )	0.205
Agregado fino.....	(m <sup>3</sup> )	0.307
Agregado grueso.....	(m <sup>3</sup> )	0.362
Aire.....	(m <sup>3</sup> )	0.020
		1.000 m <sup>3</sup>

#### PESOS SECOS

Cemento.....	256.25	kg/m <sup>3</sup>
15% DE CENIZA DE TUNA .....	45.221	kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva.....	205.00	lts/m <sup>3</sup>
Agregado fino.....	835.35	kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso.....	1039.47	kg/m <sup>3</sup>

#### PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento.....	256.25	kg/m <sup>3</sup>
15% DE CENIZA DE TUNA .....	45.221	kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva.....	215.945	lts/m <sup>3</sup>
Agregado fino.....	837.962	kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso.....	1041.37	kg/m <sup>3</sup>

#### PROPORCIONES EN VOLUMEN

$$\frac{256.25}{256.25} : \frac{45.221}{256.25} : \frac{837.96}{256.25} : \frac{1041.37}{256.25}$$
$$1 : 0.18 : 3.27 : 4.06 \quad 30.44 \text{ lts / bolsa}$$



[www.usanpedro.edu.pe](http://www.usanpedro.edu.pe)

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote  
Tel.: (043) 323505 - 326190 - 329486 Anexo 208  
Email: [jmsyem@usanpedro.edu.pe](mailto:jmsyem@usanpedro.edu.pe)

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelo Universidad San Pedro - Chimbote



UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO  
(ASTM C 136-06)

SOLICITA : BACH: TANIA YANNINA VERA MOSTACERO  
TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO FC = 210 KG/CM2 CON SUSTITUCION DE CEMENTO EN 15%  
POR CENIZA DE TUNA O NOPAL  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
CANTERA : RUBEN  
MATERIAL : ARENA GRUESA  
FECHA : 22/02/2018

TAMIZ	Peso retenido	% ret. Parcial	% ret. Acumu.	% Que pasa
Nº	Abert. (mm)	(gr.)	(%)	(%)
3"	76.20	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.50	0.0	0.0	100.0
2"	50.80	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	100.0
1"	25.40	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.10	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.50	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.52	21.0	1.2	98.8
Nº 4	4.75	22.3	1.3	97.4
Nº 8	2.36	144.4	8.6	89.8
Nº 16	1.18	318.9	18.9	69.9
Nº 30	0.60	445.0	26.4	43.5
Nº 50	0.30	341.1	20.3	23.2
Nº 100	0.15	257.2	15.3	7.9
Nº 200	0.08	100.4	6.0	2.0
PLATO	ASTM C-117-04	33.1	2.0	100.0
TOTAL		1683.4	100.0	

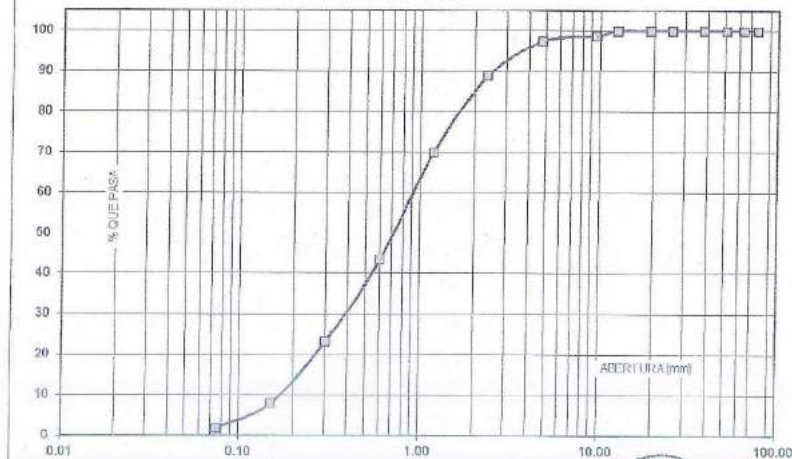
PROPIEDADES FÍSICAS

Módulo de Fineza : 2.59

OBSERVACIONES

La Muestra tomada identificada por el  
sofocliente.

CURVA GRANULOMÉTRICA



Finos Lino y Arcilla Fina Arena Media Gruesa Fina



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Ing. Jorge Montañez Reyes  
JEFE

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote  
Telf. (043) 823505 - 326150 - 329486 Anexo 208  
Email: lmsyem@usanpedro.edu.pe



UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO  
(ASTM C 136-06)

SOLICITA : BACH. TANIA YANNINA VERA MOSTACERO  
TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO FC = 210 KG/CM2 CON SUSTITUCIÓN DE CEMENTO EN 15%  
POR CENIZA DE TURBA NORMAL  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
CANTERA : RUBEN  
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA  
FECHA : 27/02/2018

TAMIZ	Peso retenido	% ret. Parcial	% ret. Acumulado	% Que pasa
Nº	Abert. (mm)	(gr.)	(%)	(%)
3"	76.200	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	100.0
2"	50.800	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	100.0
1"	25.400	80.0	3.7	96.3
3/4"	19.000	920.0	42.1	57.9
1/2"	12.500	1125.0	51.5	48.5
3/8"	9.520	60.0	2.7	97.3
Nº 4	4.750	0.0	0.0	100.0
Nº 8	2.360	0.0	0.0	100.0
Nº 16	1.180	0.0	0.0	100.0
Nº 30	0.600	0.0	0.0	100.0
Nº 50	0.300	0.0	0.0	100.0
Nº 100	0.150	0.0	0.0	100.0
Nº 200	0.075	0.0	0.0	100.0
PLATO	ASTM C-117-04	0	0.0	100.0
TOTAL		2185.0	100.0	

PROPIEDADES FÍSICAS	
Tamaño Máximo Nominal	3/4"
Huso	Nº 67 Ref. (ASTM C-33)

OBSERVACIONES
La Muestra tomada identificada por el solicitante.



Finos	Arriba	Grava
Limo y Arcilla	Fino	Medio

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES  
Ing. Jorge Montañez Reyes  
JEFE

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote  
Telf: (043) 323505 - 326160 - 329486 Anexo 208  
Email: lmsyem@usanpedro.edu.pe

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelo Universidad San Pedro - Chimbote





## UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

### PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO

SOLICITA : BACH: TANIA YANNINA VERA MOSTACERO  
TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO FC = 210 KG/CM2 CON SUSTITUCION DE CEMENTO EN 15%  
POR CENIZA DE TUNA O NOPAL  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
CANTERA : RUBEN  
MATERIAL : ARENA GRUESA  
FECHA : 22/02/2018

#### PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra	7700	7600	7800
Peso de molde	3320	3320	3320
Peso de muestra	4380	4280	4480
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario ( Kg/m3 )	1571	1535	1607
Peso unitario prom. ( Kg/m3 )	1571		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1565		

#### PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra	8300	8250	8250
Peso de molde	3320	3320	3320
Peso de muestra	4980	4930	4930
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario ( Kg/m3 )	1786	1768	1768
Peso unitario prom. ( Kg/m3 )	1774		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1768		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
Ing. Jorge Montañez Reyes  
JEFE

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelo Universidad San Pedro - Chimbote



**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO**

SOLICITA : BACH. TANIA YANNINA VERA MOSTACERO  
 TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO FC = 210 KG/CM<sup>2</sup> CON SUSTITUCION DE CEMENTO EN 16%  
 POR CENIZA DE TUNA O NOPAL  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 CANTERA : RUBEN  
 MATERIAL : PIEDRA CHANCADA  
 FECHA : 22/02/2018

**PESO UNITARIO SUELTO**

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	19350	19200	18850
Peso de molde	6120	5120	5120
Peso de muestra	14230	14080	13730
Volumen de molde	9354	9354	9354
Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )	1521	1505	1468
Peso unitario prom. ( Kg/m <sup>3</sup> )	1498		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1495		

**PESO UNITARIO COMPACTADO**

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	20750	20450	20550
Peso de molde	5120	5120	5120
Peso de muestra	15630	15330	15430
Volumen de molde	9354	9354	9354
Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )	1674	1639	1650
Peso unitario prom. ( Kg/m <sup>3</sup> )	1653		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1650		



**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
 Ing. Jorge Montañez Reyes  
 JEFE

[www.usanpedro.edu.pe](http://www.usanpedro.edu.pe)

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote  
 Telf. (043) 323505 - 326150 - 329486 Anexo 208  
 Email: [imsyem@usanpedro.edu.pe](mailto:imsyem@usanpedro.edu.pe)

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelo Universidad San Pedro - Chimbote



**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION AGREGADO FINO**  
(Según norma ASTM C-127)

SOLICITA : BACHE TANIA YANNINA VERA MOSTACERO  
 TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO FC = 210 KG/CM2 CON SUSTITUCION DE CEMENTO EN 10%  
 POR CEMSA DE TUMA O NORPAL  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 CANTERA : RUBEN  
 MATERIAL : ARENA GRUESA  
 FECHA : 22/02/2018

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	gr.	300.00	300.00
M	Peso de picnometro + agua	gr.	869.30	869.30
C	Volumen de masa + volumen de vacios (A/B)	cm <sup>3</sup>	969.30	969.30
D	Peso de picnometro + agua + material	gr.	860.00	860.00
E	Volumen de masa + volumen de vacios (C-D)	cm <sup>3</sup>	109.30	109.30
F	Peso de material seco (en estufa)	gr.	297.60	297.60
G	Volumen de masa (E-(A-F))		106.90	106.90
H	P.e. Bulk (Base Seca) F/E		2.723	2.723
I	P.e. Bulk (Base Saturada) A/E		2.745	2.745
J	P.e. Aparente (Base Seca) F/E		2.784	2.784
K	Absorción (%) ((D-A)/A)x100		0.81	0.81

P.e. Bulk (Base Seca)	:	2.723
P.e. Bulk (Base Saturada)	:	2.745
P.e. Aparente (Base Seca)	:	2.784
Absorción (%)	:	0.81



**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
*Jorge Montañez Reyes*  
**Ing. Jorge Montañez Reyes**  
JEFE

[www.usanpedro.edu.pe](http://www.usanpedro.edu.pe)

Ciudad Universitaria: Urb. Los Pinos Mz. B-9/n - Chimbote  
 Telf.: (043) 323505 - 326150 - 329486 Anexo 208  
 Email: [imsyem@usanpedro.edu.pe](mailto:imsyem@usanpedro.edu.pe)

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelo Universidad San Pedro - Chimbote



UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION AGREGADO GRUESO  
(Según norma ASTM C-127)

SOLICITA : BACH: TANIA YANININA VERA MOSTACERO  
TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO FC = 210 KG/CM2 CON SUSTITUCION DE CEMENTO EN 15%  
POR CENIZA DE TUNA O NOPAL  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
CANTERA : RUBEN  
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA  
FECHA : 22/02/2018

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	1429.00	1526.70
B	Peso de material saturado superficialmente seco (agua)	936.60	991.90
C	Volumen de masa + volumen de vacíos (A-B)	492.40	534.80
D	Peso de material seco en estufa	1426.40	1522.10
E	Volumen de masa (C-A-D)	489.80	530.20
G	P.e. Bulk (Base Seca) D/C	2.897	2.846
H	P.e. Bulk (Base Saturada) A/C	2.902	2.855
I	P.e. Aparente (Base Seca) D/E	2.912	2.871
F	Absorción (%) $((D-A)/A) \times 100$	0.18	0.30

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.871  
P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.878  
P.e. Aparente (Base Seca) : 2.892  
Absorción (%) : 0.24



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
Ing. Jorge Montañez Reyes  
JEFE

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote  
Tel: (043) 323505 - 326150 - 329486 Anexo 208  
Email: lmsyem@usanpedro.edu.pe

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelo Universidad San Pedro - Chimbote





**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO  
(ASTM D-2216)**

SOLICITA : BACH: TANIA YANINNA VERA MOSTACERO  
TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO FC = 210 KG/CM2 CON SUSTITUCION DE CEMENTO EN 15%  
POR CENIZA DE TUNA O NOPAL  
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
CANTERA : RUBEN  
MATERIAL : ARENA GRUESA  
FECHA : 22/02/2018

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	654.7	631.1
TARA + SUELO SECO (gr)	652.8	629.4
PESO DEL AGUA (gr)	1.9	1.7
PESO DE LA TARA (gr)	64.1	67.9
PESO DEL SUELO SECO (gr)	588.7	561.5
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.32	0.30
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	0.31	



**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
*Jorge Montañez Reyes*  
Ing. Jorge Montañez Reyes  
JEFE

[www.usanpedro.edu.pe](http://www.usanpedro.edu.pe)

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote  
Telf. (043) 323505 - 326150 - 329486 Anexo 208  
Email: [imsyem@usanpedro.edu.pe](mailto:imsyem@usanpedro.edu.pe)

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelo Universidad San Pedro - Chimbote



UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO  
(ASTM D-2216)

SOLICITA : BACH: TANIA YANNINA VERA MOSTACERO  
TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO FC = 210 KG/CM2 CON SUSTITUCION DE CEMENTO EN 15%  
POR CENIZA DE TUNA O NOPAL  
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
CANtera : RUBEN  
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA  
FECHA : 22/02/2018

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	953.7	1114.9
TARA + SUELO SECO (gr)	952.3	1113.2
PESO DEL AGUA (gr)	1.4	1.7
PESO DE LA TARA (gr)	168.5	201.1
PESO DEL SUELO SECO (gr)	783.8	912.1
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.18	0.19
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	0.18	



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
*Jorge Montañez Reyes*  
Ing. Jorge Montañez Reyes  
JEFE

[www.usanpedro.edu.pe](http://www.usanpedro.edu.pe)

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote  
Telf.: (048) 323505 - 320150 - 329486 Anexo 208  
Email: [lmseyem@usanpedro.edu.pe](mailto:lmseyem@usanpedro.edu.pe)

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelo Universidad San Pedro - Chimbote



UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

### DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO

(Frasco de Le Chaletier)

(Según ASTM C 188, AASHTO T 133 y MTC E 610-2000)

SOLICITA : BACH: TANIA YANNINA VERA MOSTACERO  
TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO FC = 210 KG/CM2 CON SUSTITUCION DE CEMENTO EN 15%  
POR CENIZA DE TUNA O NOPAL  
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
MATERIAL : 85% CEMENTO + 15% DE CENIZA DE TUNA  
FECHA : 22/02/2018

PRUEBA N°		01	02
LECTURA INICIAL	(ml)	0.00	0.00
LECTURA FINAL	(ml)	22.50	22.50
PESO DE MUESTRA	(gr)	64.00	64.00
VOLUMEN DESPLAZADO	(ml)	22.50	22.50
PESO ESPECIFICO		2.844	2.844
PESO ESPECIFICO PROMEDIO	( gr / cm3)	2.844	



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
Ing. Jorge Montañez Reyes  
JEFE

[www.usanpedro.edu.pe](http://www.usanpedro.edu.pe)

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote  
Telf. (043) 328505 - 326150 - 329486 Anexo 208  
Email: [msyem@usanpedro.edu.pe](mailto:msyem@usanpedro.edu.pe)

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelo Universidad San Pedro - Chimbote



UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

SOLICITA : BACH: TANIA YANNINA VERA MOSTACERO  
TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO FC = 210 KG/CM2 CON SUSTITUCION DE CEMENTO EN 15%  
POR CENIZA DE TUNA O NOPAL  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
FECHA : 22/02/2018

F' C : 210 Kg/cm2

Nº	TESTIGO	SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F' C
	ELEMENTO	(" )	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/Cm2	(%)
01	PATRON	-	25/01/2017	01/02/2017	7	194.85	92.79
02	PATRON	-	25/01/2017	01/02/2017	7	206.22	98.20
03	PATRON	-	25/01/2017	01/02/2017	7	216.90	103.29
04	PATRON	-	25/01/2017	08/02/2017	14	234.98	111.90
05	PATRON	-	25/01/2017	08/02/2017	14	228.84	108.97
06	PATRON	-	25/01/2017	08/02/2017	14	218.66	104.12
07	PATRON	-	25/01/2017	22/02/2017	28	273.12	130.06
08	PATRON	-	25/01/2017	22/02/2017	28	238.12	113.39
09	PATRON	-	25/01/2017	22/02/2017	28	262.68	125.09

ESPECIFICACIONES : Los ensayos responden a la norma de diseño ASTM C-39.

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos por el interesado a este laboratorio.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
Ing. Jorge Montañez Reyes  
JEFE

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote  
Telf: (043) 823505 - 326150 - 829486 Anexo 208  
Email: lmsyem@usanpedro.edu.pe

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelo Universidad San Pedro - Chimbote





# UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

## ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION-EXPERIMENTAL 15%

SOLICITA : BACH: TANIA YANNINA VERA MOSTACERO  
TESIS : RESISTENCIA DEL CONCRETO FC = 210 KG/CM2 CON SUSTITUCION DE CEMENTO EN 15%  
POR CENIZA DE TUNA O NOPAL  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
FECHA : 22/02/2018

F' C : 210 Kg/cm2

TESTIGOS		STAMP	FECHA		EDAD	FC	FC/C
Nº	ELEMENTO	( " )	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/CM2	(%)
01	EXPERIMENTAL	-	25/01/2017	01/02/2017	7	114.42	54.49
02	EXPERIMENTAL	-	25/01/2017	01/02/2017	7	121.79	58.00
03	EXPERIMENTAL	-	25/01/2017	01/02/2017	7	130.95	62.35
04	EXPERIMENTAL	-	25/01/2017	08/02/2017	14	137.11	65.29
05	EXPERIMENTAL	-	25/01/2017	08/02/2017	14	149.77	71.32
06	EXPERIMENTAL	-	25/01/2017	08/02/2017	14	139.04	66.21
07	EXPERIMENTAL	-	25/01/2017	22/02/2017	28	155.35	73.90
08	EXPERIMENTAL	-	25/01/2017	22/02/2017	28	135.32	65.87
09	EXPERIMENTAL	-	25/01/2017	22/02/2017	28	144.13	68.63

ESPECIFICACIONES : Los ensayos responde a la norma de diseño ASTM C-39.

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos por el interesado a este laboratorio.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
Ing. Jorge Montañez Reyes  
JEFE

[www.usanpedro.edu.pe](http://www.usanpedro.edu.pe)

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos MZ B s/n - Chimbote  
Tel: (043) 323505 - 326150 - 329486 Anexo 208  
Email: [imsyem@usanpedro.edu.pe](mailto:imsyem@usanpedro.edu.pe)

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelo Universidad San Pedro - Chimbote

## Anexo 5: Panel Fotográfico

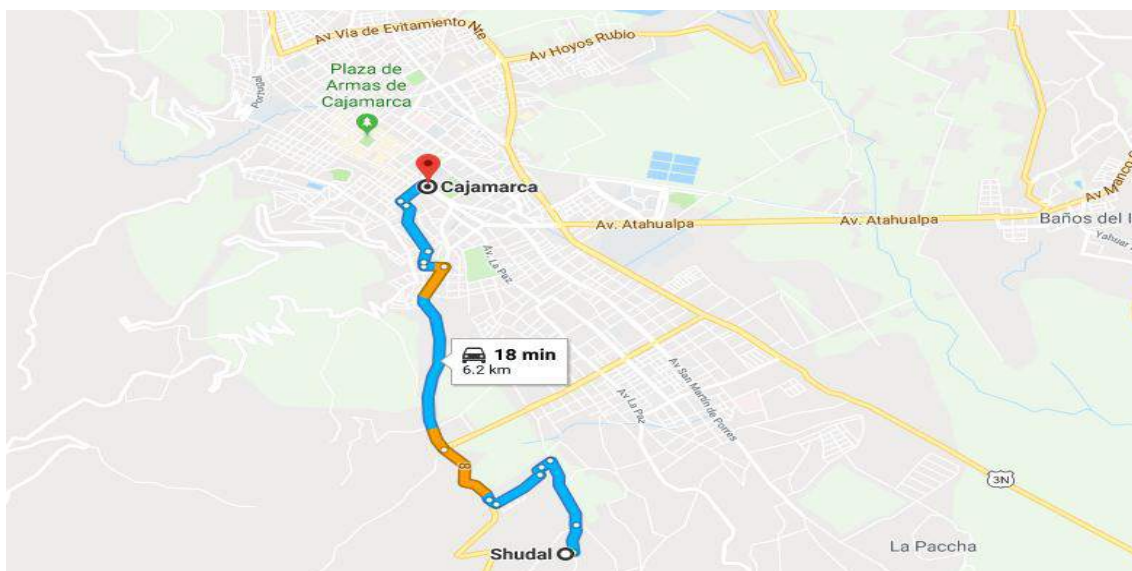


Foto 1: Ubicación de la materia prima Shudal a 6.2 km de Cajamarca

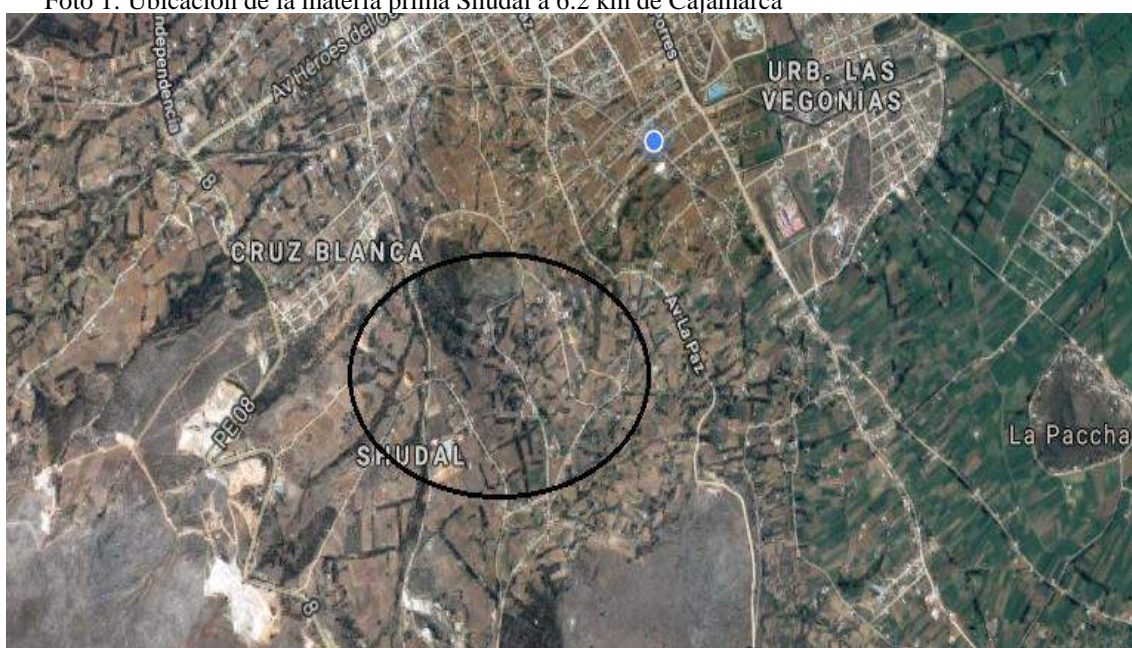


Foto 2: señalización de la producción de tuna o nopal





Foto 3: Materia prima



Foto 4: Abundantes plantas de tuna o nopal



Foto 5: Seleccionando las plantas de tuna o nopal



Foto 6: ceniza de tuna o nopal





Foto 7: Ubicación de la Cantera “RUBEN” – Coishco – Chimbote donde se adquirio los agregados.



Foto 8: Adquiriendo el agregado grueso



Foto 9: Cuarteando el agregado grueso



Foto 10: Adquiriendo el agregado fino





Foto 11: Cuarteando el agregado fino

## Propiedades Físicas Mecánicas de los Agregados en el Laboratorio Mecánica de Suelos Universidad San Pedro – Chimbote

### Agregado Fino

Granulometría Según la Norma ASTM C 136; NPT 400.012.



Foto 12: Ensayo granulometrico del agregado fino

Contenido de Humedad Según Norma ASTM C-556 / NTP 339.185.



Foto 13 : Contenido de humedad agregado fino

Gravedad Específica y Absorción Según Norma ASTM C-128 / NTP 400.022.



Foto 14: gravedad específica y absorción agregado fino





Pesos Unitarios Según norma ASTM C-29 / NTP 400.017.

Peso suelto



Foto 15: peso unitario suelto agregado fino

## **Agregado Grueso**

**Granulometría Según la Norma ASTM C 136; NPT 400.012.**



Foto 16: peso unitario suelto agregado grueso

**Contenido de Humedad Según Norma ASTM C-556 / NTP 339.185.**



Foto 17: contenido de humedad agregado grueso

**Gravedad Específica y Absorción Según Norma ASTM C-128 / NTP 400.022.**



Foto 18 gravedad específica y absorcion agregado grueso



Foto 19: gravedad específica y absorcion agregado grueso

## **Pesos Unitarios Según norma ASTM C-29 / NTP 400.017.**

### **Peso suelto**



Foto 20: peso unitario suelto agregado grueso

### **Peso compactado**



Foto 21: peso unitario compactado agregado grueso

## Elaboración de mezclas de concreto patrón



Foto 22: Peso de los materiales a usar en la mezcla de concreto



Foto 23: elaboración mezcla diseño patrón





Foto 24: Midiendo el Slump o asentamiento diseño patrón



Foto 25: elaboración de probetas



Foto 26: realizando ensayo de resistencia a la compresión

**Elaboración de mezclas de concreto experimental sustituyendo la ceniza de tuna o nopal en un 15%**



Foto 27: Peso de los materiales a usar en la mezcla de concreto experimental



Foto 28: elaboración de la mezcla de concreto con viruta metálica





Foto 29: Midiendo el Slump o asentamiento del concreto experimental



Foto 30: elaboración de probetas experimental



Foto 31: desencofrado de probetas a las 24 horas para ser sumergidas en la poza de curado.



Foto 32: curado de probetas en la poza de curado para luego ser ensayadas a compresión a los 7, 14 y 28 días.



Foto 33: pesos de probetas



Foto 34: realizando ensayo de resistencia a la compresión